4/88

38. Jahrgang
Mai 1988
S. 73–96

Verlagspostamt
Berlin



VEB VERLAG
FÜR BAUWESEN
BERLIN

Wasserwirtschaft · Wassertechnik



Dokumentation

Wasserbereitstellung und Regelung wasserwirtschaftlicher Verhältnisse in den Braunkohlengebieten der Bezirke Leipzig und Halle
Berger, H.-J.; Mansel, H.; Ohme, S.
In: Wasserwirtschaft–Wassertechnik. – Berlin **38** (1988) 4, S. 74 bis 76
Die Braunkohlengewinnung in den Bezirken Leipzig und Halle verursacht tiefgreifende Veränderungen in der Oberflächenbebauung – Verlegung von Wasserläufen und Siedlungen, Änderungen im Grundwasserhaushalt. Beschrieben werden die Konsequenzen, die sich aus dem Ausfall bisher genutzter Wasserdargebote ergeben, hinsichtlich der Ersatzwasserversorgung aus vorhandenen Eigendargeboten, Fernwasserversorgungen und zu speichernden Oberflächenwasser. Forschungsmaßnahmen dienen dem Aufbau hydrogeologischer Modelle zur Objektivierung sehr komplizierter Entscheidungsvorgänge.

Prognosen der Grundwasserbeschaffenheit in Bergbaugebieten
Dybek, K.; Schwan, M.
In: Wasserwirtschaft–Wassertechnik. – Berlin **38** (1988) 4, S. 77 bis 79
Die mit dem intensiven Braunkohlenbergbau der DDR verbundene großräumige Grundwasserabsenkung führt in den betroffenen Gebieten zu spezifischen Wasserhaushaltproblemen. Zunehmende Bedeutung bei der Nutzung der Bergbaugewässer bzw. des Grundwassers aus Altbergbaugebieten kommt den Fragen der Prognose der Grundwasserbeschaffenheit zu. Ausgehend von den Haupteinflußfaktoren auf die Grundwasserbeschaffenheit in Braunkohlenabbaugebieten wird eine Methode zur Vorhersage von Acidität, Eisen- und Sulfatgehalt vorgestellt. Das entwickelte Verfahren zur Berechnung der Eisendisulfidverwitterung in Tagebaugebieten basiert auf Stoff- und Wassermengenbilanzen und beschreibt die mittlere Kontamination über Jahre und Jahrzehnte.

Territoriale Systemlösungen der rationellen Wasserverwendung und Stoffkreislaufführung in der oberflächenveredelnden Industrie
Fischwasser, K./Grothkopp, H.
In: Wasserwirtschaft–Wassertechnik. – Berlin **38** (1988) 4, S. 82 und 83
Es gilt nach neuen Lösungsvarianten zu suchen, um den Forderungen nach abproduktarmen Technologien zur Minimierung der Schwermetallemissionen entsprechen zu können.
Ein Durchbruch zur komplexen flächendeckenden Problemlösung der Stoffrückgewinnung, besonders der Schwermetallrückgewinnung aus Abwässern der oberflächenveredelnden Industrie soll mit Hilfe der in diesem Beitrag vorgestellten mobilen Ionenaustauschersysteme erreicht werden.

Computergestützte Zustandsanalyse der Wasserversorgung der Stadt Meißen unter Nutzung von Bausteinen der CAD-Lösung ‚Trinkwassernetze'
Richter, A.; Böhm, A.; Mentzel, J.; Häußler, J.
In: Wasserwirtschaft–Wassertechnik. – Berlin **38** (1988) 4, S. 89 bis 91
Die Zustandsanalyse des Rohrnetzes liefert Aussagen über den Verschleiß sowie die hydraulische Leistungsfähigkeit. Diese Aussagen wiederum sind Grundlage für Netzrekonstruktion und -erweiterungen oder für Strukturänderungen im Netz. Im Beitrag wird besonders auf die Ermittlung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Wasserversorgungsnetzes der Stadt Meißen eingegangen. Ziel der Untersuchungen war es, die Druckmangelgebiete herauszuarbeiten und den vorhandenen Versorgungsdruck am jeweiligen Knotenpunkt anzugeben.

Korrosionsschutz in der Wasserwirtschaft
Brussig, P.
In: Wasserwirtschaft–Wassertechnik. – Berlin **38** (1988) 4, S. 94 bis 95
Es wird die gerätetechnische Ausrüstung eines Kontroll- und Meßfahrzeuges für den aktiven Korrosionsschutz in der Wasserwirtschaft vorgestellt. Schwerpunkt ist dabei die Anpassung von Labormeßschreibgeräten an die unter Geländebedingungen durchzuführenden Messungen, insbesondere IR-freie Potentialmessungen, an Anlagen für den katodischen Korrosionsschutz. Die Zusatzausrüstung für Baustellenkontrollen, für Verschleißzustandsuntersuchungen (auch an Beton) und für die Schadensaufklärung wird beschrieben.

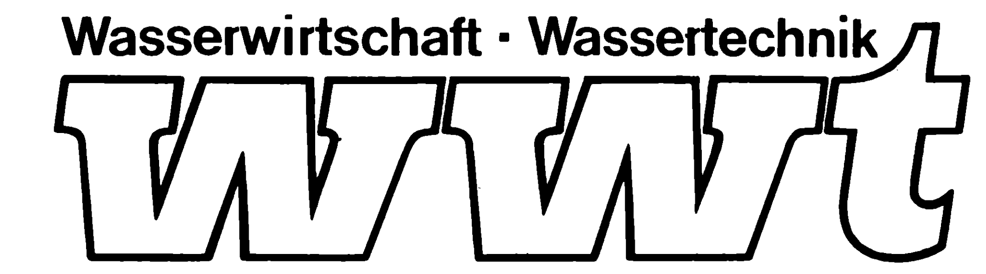
Содержание

Contents

Contenu



Ausgezeichnet
mit der
Ehrenplakette der KDT
in Silber



Herausgeber:
Ministerium für Umweltschutz und Wasserwirtschaft und Kammer der Technik (FV Wasser)

Verlag:
VEB Verlag für Bauwesen
Französische Straße 13/14, Berlin 1086
Verlagsdirektor:
Dipl.-Ök. Siegfried Seeliger
Fernsprecher: 2 04 10

Redaktion:
Dipl.-Ing. Ralf Hellmann,
Verantwortlicher Redakteur

Carolyn Sauer,
redaktionelle Mitarbeiterin

Sitz der Redaktion:
Hausvogteiplatz 12, Berlin 1086
Fernsprecher: 2 08 05 80 und 2 07 64 42

Lizenz-Nummer 1138
Presseamt beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR

Satz: Druckerei „Neues Deutschland"
Druck: Druckkombinat Berlin
Gestaltung: Horst Bünger

Artikel-Nummer 29 932
Die Zeitschrift erscheint achtmal im Jahr. Jahresbezugspreis DDR 01760, Ausland DM 60,–. Einzelheftpreis DDR 00220, Ausland DM 7,50.

Printed in G.D.R.

Bestellungen nehmen entgegen:
Заказы на журнал принимаются:
Subsriptions of the journal are to be directed:
Il est possible de s'abonner á la revue:
In der DDR:
sämtliche Postämter und der VEB Verlag für Bauwesen, Berlin
BRD und Berlin (West):
ESKABE Kommissions-Großbuchhandlung, Postfach 36, 8222 Ruhpolding/Obb.;
Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, Eichborndamm 141/167, Berlin (West) 52
Kunst und Wissen, Erich Bieber OHG, Postfach 46, 7000 Stuttgart 1;
Gebrüder Petermann, Buch und Zeitung INTERNATIONAL,
Kurfürstendamm 111, Berlin (West) 30
Österreich:
Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, & Co. KG, Industriestr. B 13, 2345 Brunn am Gebirge
Schweiz:
Verlagsauslieferung Wissenschaft der Freihofer AG, Weinbergstr. 109, 8033 Zürich
Im übrigen Ausland:
Der internationale Buch- und Zeitschriftenhandel wird durch den AHB Buchexport der DDR, – 7010 Leipzig,
Leninstr. 16 oder über den Verlag vermittelt.

Alleinige Anzeigenverwaltung: VEB Verlag Technik, Fernruf 2 87 00.
Es gilt die Anzeigenpreisliste lt. Preiskatalog Nr. 286/1.

4
„Wasserwirtschaft – Wassertechnik"
Zeitschrift für Technik und Ökonomik der Wasserwirtschaft
38. Jahrgang (1988) Mai

Aus dem Inhalt

Zum Titel

Das Foto zeigt eine Kammerfilterpresse mit Kolbenmembranpumpe, die Teil einer Behandlungsanlage für Galvanikabwässer im VEB Nachrichtenelektronik Greifswald ist. Die Anlage dient zur Entwässerung der anfallenden Metallhydroxidschlämme bis zu einem Feststoffgehalt von 30...35 %. Die Rückgewinnung der Wertstoffe aus dem stichfesten Hydroxidschlamm erfolgt durch Verhüttung.
Foto: Wecke

Wasserbereitstellung und Regelung wasserwirtschaftlicher Verhältnisse in den Braunkohlengebieten der Bezirke Leipzig und Halle

Dipl.-Ing. Hans Joachim BERGER; Dr.-Ing. Holger MANSEL; Dipl.-Ing. Siegfried OHME
Beitrag aus der Wasserwirtschaftsdirektion Saale – Werra

1. Der komplexe Einfluß der Braunkohlentagebaue auf die wasserwirtschaftlichen Verhältnisse

Zur Gewährleistung einer langfristigen Energie- und Brennstoffversorgung in der DDR ist bis weit über das Jahr 2000 hinaus die einheimische Braunkohle in den Tagebaufeldern der Bezirke Cottbus, Leipzig und Halle abzubauen. Im Trend ist festzustellen, daß die Tagebaue bei Erhaltung des Kohleförderstroms infolge ungünstig werdender Abraum-Kohle-Verhältnisse flächenhaft größer und tiefer werden. Nachgewiesene Kohlevorräte in Rand- und Tieffelder werden in jüngster Zeit in die Abbaukonzeption einbezogen. Der Braunkohlenabbau hat in zunehmendem Maße dominierende komplexe Auswirkungen auf die wasserwirtschaftlichen Verhältnisse in diesen Gebieten. Zur Vorfeldfreimachung ist die Oberflächenbebauung auf den künftigen Tagebaufeldern, wie natürliche Flüsse, Gemeinden, industrielle und landwirtschaftliche Produktionsstätten mit ihrer technischen Infrastruktur, so u. a. Anlagen zur Trink- und Brauchwasserversorgung und Abwasserableitung auf flözarme, -leere bzw. verkippte Flächen verlagern. Flußverlegungen erfolgen wegen der Tagebausicherheit in gedichteten und kanalisierten Flußbetten aus den Talauen heraus, wodurch der natürliche Austausch zwischen Grund- und Oberflächenwasser unterbrochen wird. Dadurch werden nutzbare Dargebote in Uferfiltratgewinnungsanlagen für die Wasserbereitstellung verringert. Mit der bergbaulichen Inanspruchnahme von natürlichen Überschwemmungsgebieten in Talauen erhöht sich mit der Kanalisierung verlegter Wasserläufe die Hochwassergefahr für die Unterlieger. Zur Regelung der Hochwasserverhältnisse sind Rückhaltebecken in Ausnutzung von zurückbleibenden Tagebaurestlöchern mit höhendifferenzierten freien Wasserzu- und -abläufen in Nähe des hochwasserführenden Wasserverlaufs bergbaulicherseits zu gestalten.

Zur Kohlefreilegung sind die im Abraum befindlichen Grundwasserleiter zu entwässern und die Zuflüsse aus angrenzenden Gebieten durch Filterbrunnenriegel dem Tagebau fernzuhalten. Im Wirkungsbereich der mit dem Kohleabbau mitwandernden bergbaulichen Grundwasserabsenkung verlieren die dort bestehenden Wassergewinnungsanlagen ihr Dargebot bzw. werden in ihrer Leistung gemindert. Mit der Ausweitung der Flächen und Tiefe der Tagebaue überlagern sich die Grundwasserabsenkungen der Einzeltagebaue und beeinflussen zunehmend Wassergewinnungsanlagen im gesamten Braunkohlenverbreitungsgebiet.

Mit der Abraumförderung und -verkippung entstehen vorwiegend in den Revieren des Braunkohlenkombinats Bitterfeld Mischbodenkippen mit völlig veränderten Lagerungsstrukturen gegenüber dem Urzustand, die geohydraulisch als Grundwasserleiter für eine aktive Grundwassernutzung nahezu unwirksam sind. Damit wird das Ersatzwasserdargebot im Gebiet zunehmend eingeschränkt. Darüber hinaus kann das sich in lokalen Bereichen in Mischbodenkippen ausbildende Grundwasser durch Pyritverwitterungen aufgesäuert werden, durch Migration in noch vorhandene Grundwasserleiter eindringen und dort die Beschaffenheit des Grundwassers beeinflussen.

Das bei der Grundwasserabsenkung anfallende Tagebauwasser unterliegt durch die Wanderung der Entwässerungsanlagen in Verbindung mit dem Tagebaufortschritt geogenbedingten und durch Kontaminationen verursachten Beschaffenheitsveränderungen.

Die hydrogeologischen und hydrodynamischen Verhältnisse in den Braunkohlengebieten sind wegen ihrer ständigen Veränderlichkeit in der Wassermenge und -beschaffenheit nach Ort und Zeit nur noch durch hydrogeologische Großraum- und Regionalmodelle in Abhängigkeit der Tagebauentwicklung aktuell und im voraus bestimmbar.

Entscheidend für die Sicherung der Wasserversorgung für die Bevölkerung, Industrie und Landwirtschaft ist die langfristig stabile und qualitätsgerechte Ersatzwasserbereitstellung bei langfristiger Auslastung vorhandener und zu schaffender wasserwirtschaftlicher Grundfonds. Dazu sind in erster Linie lang nutzbare, über etwa 20 Jahre nachgewiesene und bestätigte Grundwasservorräte in Form örtlicher Vorkommen und als anfallendes Tagebauwasser für die Ersatzwasserbereitstellung einzusetzen. Mit der sich flächenhaft ausweitenden Grundwasserentleerung, insbesondere der statischen Vorratsanteile sind diese örtlichen

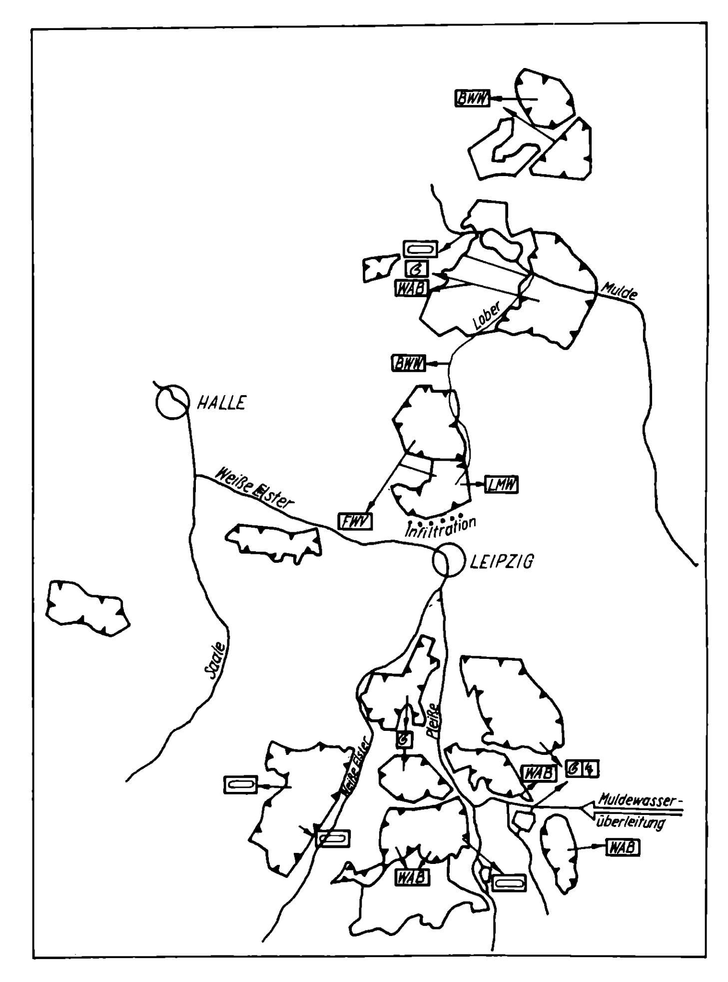


Bild 1: Übersichtsskizze Ballungsraum Leipzig/Halle

noch nutzbaren Vorkommen eng begrenzt, die Anfallmengen an Tagebauwasser nehmen insgesamt ab. Die Wasserbedarfsanforderungen in diesem Gebiet können nicht mehr durch das Eigenaufkommen gedeckt werden. Die Trinkwasserversorgung ist daher durch erhöhte Zuspeisung von Fernwassermengen aus der Elbaue und künftig aus dem Schwarzagebiet zu sichern. Die Brauchwasserversorgungen für die Industrie und Landwirtschaft, die sich heute noch auf zahlreiche Tagebauwassernutzungen stützen, sind künftig standortdifferenziert auf Oberflächenwassernutzungen in Verbindung mit zu schaffenden Speicheranlagen in Ausnutzung von Tagebaurestlöchern umzustellen.
Somit bestehen territoriale, bergbaulich und wasserwirtschaftlich stark differenzierte Wechselbeziehungen in den Planungs-, Vorbereitungs-, Abbau- und Folgenutzungsperioden. Diese bedürfen einer ständigen interdisziplinären Abstimmung zwischen den zuständigen Ministerien, Territorialorganen, Betrieben und Einrichtungen. Auf der Grundlage der interministeriellen Vereinbarung vom 19. 7. 1983 erfolgen die Abstimmungen durch zentrale und bezirkliche Arbeitsgruppen.

2. Die wasserwirtschaftlichen Verhältnisse im Ballungsraum Leipzig/Halle

Im Ballungsraum der Braunkohlengewinnung in den Bezirken Leipzig und Halle (Bild 1) leben derzeitig auf einer Fläche von 3300 km² rund 1560000 Einwohner. Die Bevölkerungsdichte beträgt 472 E/km² (DDR-Durchschnitt 158 E/km²). Die wirtschaftliche Struktur wird durch die chemische, energetische und kohleveredelnde Industrie geprägt, die 25% des DDR-Gesamtverbrauchs an Industriewasser beansprucht.
Aus 18 Tagebauen im Ballungsraum wird derzeit Braunkohle gefördert. Die verbreiteten Löß- und Schwarzerdeböden bewirken in diesem Raum eine hochproduktive Landwirtschaft. Insbesondere durch die Bewässerung auf Kippenflächen ist die landwirtschaftliche Produktion stabil und steigerungsfähig zu halten. Aus der Vielzahl von Wassernutzern ergeben sich hohe Anforderungen an die Wasserbereitstellung nach Menge und Beschaffenheit sowie an die Bewirtschaftung der Wasserressourcen. Die noch unzureichende Abwasserbehandlung und Wertstoffrückgewinnung begrenzt momentan noch die erhöhte Mehrfachnutzung des Oberflächenwassers und auch dessen Speicherfähigkeit.
Eine Übersicht über die aktuelle und perspektivische Wasserverwendung in den Bezirken Leipzig und Halle zeigt Bild 2.
Der Gesamtwasserbedarf von rund 2600 Mill. m³/a wird zu 85% aus dem Oberflächenwasser der Hauptflußgebiete Elbe, Mulde, Weiße Elster und Saale gedeckt. In Niedrigwasserzeiten sind Zuschußwassermengen aus den Saale-Talsperren abzugeben und etwa 17 Mill. m³/a aus dem Einzugsgebiet der Mulde in das Gebiet der Weißen Elster überzuleiten. Große Fernwasserversorgungen aus der Elbaue – Uferfiltrat – und dem Ostharz – Rappbodetalsperre – sichern mit die Trinkwasserversorgung des Ballungsraums. Die Bewirtschaftung des Grundwasserdargebots ist vorwiegend der Trinkwasserversorgung vorbehalten.
Seit über 30 Jahren wird in den Industriebetrieben Böhlen und Espenhain aus zugeführtem Tagebauwasser für die Betriebe und für die Bevölkerung Trinkwasser aufbereitet und abgegeben.
Dem Wasserwerk Hagenest wird zusätzlich Tagebauwasser aus Groitzsch und Schleenhain für die Trinkwasserversorgung zugeführt.
Das Wasserwerk Schkeuditz wurde als Fernwasserwerk intensiviert und auf Tagebauwasser aus dem Raum Delitzsch umgestellt. Das Tagebauwasser aus Rösa ist ab 1990 im rekonstruierten Wasserwerk Bitterfeld für die Versorgung einzusetzen.
Die für die Versorgung eingesetzten Tagebauwässer stammen aus langlebigen Tagebaufeldern und sichern im allgemeinen eine langfristige Grundfondsausnutzung. Fast alle Brikettfabriken und Kraftwerke der Braunkohle nutzen anfallendes Tagebauwasser. Von dem nutzbaren Tagebauwasseranfall in Höhe von etwa 286 Mill. m³/a werden derzeit 45% genutzt.
Der Anfallmenge steht eine Grundwasserneubildung von rund 176 Mill. m³/a gegenüber. Der Abbau statischer Grundwasservorräte beträgt derzeit etwa 110 Mill. m³/a und wird weiter ansteigen. Aus dem Diagramm (Bild 3) der Tagebauwasserbilanz ist der Entwicklungstrend des abnehmenden nutzbaren Tagebauwasseranfalls mit der steigenden Nutzung an Tagebauwässern erkennbar. So wird im Jahr 2000 ein Nutzungsgrad an nutzbarem Tagebauwasser von 70% erwartet. Versalzte und kontaminierte Tagebauwässer werden als nicht nutzbar eingestuft.
Durch die permanente Abnahme an statischen Grundwasservorräten im Grundwasserhaushalt – Gesamtdefizit geschätzt auf rund 2 Mrd. m³ – erschöpfen sich langsam die nutzbaren Dargebote in diesem Gebiet. Als Ersatz sind u. a. für die Trinkwasserversorgung im Ballungsraum Leipzig/Halle/Borna/Altenburg/Zeitz Fernwasserkapazitäten durch die Erweiterung des Wasserwerks Torgau-Ost bis 1995 und durch den Aufbau der Fernwasserversorgung Schwarza bis zum Jahr 2000 zu entwickeln. Die Betriebswasserversorgungen sind langfristig auf Wasser aus Folgetagebauen und auf gespeichertes Oberflächenwasser umzustellen. Dabei ist der wachsende Bewässerungswasserbedarf für Kippenflächen in den Flußbilanzen zu berücksichtigen. Mit dem Ziel, die örtlichen Dargebote einschließlich des anfallenden Tagebauwassers optimal für die Versorgung zu nutzen, werden auf der Grundlage bestätigter Grundwasservorräte – in Tagebaugebieten zeitbegrenzte – grundfondswirtschaftliche Konzeptionen erarbeitet und daraus Bilanzentscheidungen abgeleitet. Künftig sind die Grundwasservorräte nach Menge und Beschaffenheit wegen der zeitlich und räumlich stark differenzierten Verteilung des Grundwasserdargebots in Abhängigkeit von der Tagebauentwicklung nur noch mit hydrogeologischen Modellen ermittelbar. Dazu sind umfangreiche Forschungsaufgaben in die Pläne Wissenschaft und Technik eingeordnet.

3. Modellgestützte Entscheidungsfindung für wasserwirtschaftliche Aufgaben im Bergbaugebiet

Basis jeder modellgestützten Entscheidungsfindung sind mathematische Modelle zur Simulation der Grundwasserverhältnisse nach Menge und Beschaffenheit. Aufgrund aller Komplexität der tagebautechnologischen, wasserwirtschaftlichen und territorialökonomischen Verhältnisse im Ballungsraum Leipzig/Halle ergibt sich die Notwendigkeit zur Anwendung einer komplexen Modellhierarchie in den Ebenen
- Territorialebene
- Regionalebene und
- Anlagenebene

für die Planungsperioden
- Langfristplanung

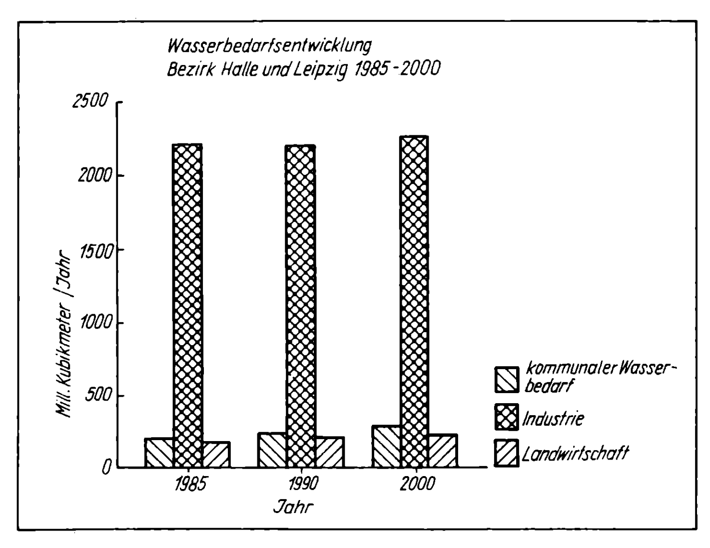


Bild 2: Wasserbedarfsentwicklung in den Bezirken Leipzig und Halle

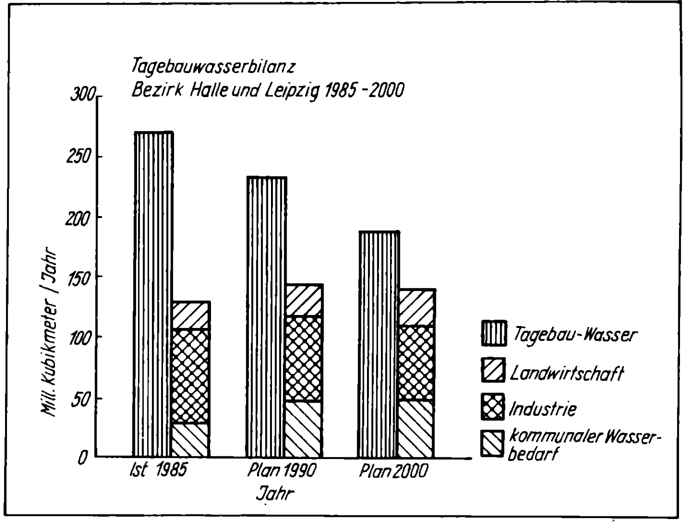


Bild 3: Tagebauwasserbilanz in den Bezirken Leipzig und Halle

– Mittelfristplanung und
– Operativplanung.

Langfristiges Endziel der Forschungsarbeiten muß ein umfassendes System von Entscheidungshilfen für die modellgestützte Entscheidungsfindung sein.

In einer ersten Etappe müssen dazu die wesentlichen modelltechnischen Grundlagen auf dem Gebiet der Simulation von Grundwasserströmungs- und Beschaffenheitsverhältnissen in den genannten Modell- bzw. Planungsebenen gelegt werden. Der Entscheidungsfindungsprozeß beschränkt sich dabei auf den technisch-technologischen Vergleich repräsentativer Alternativvarianten.

Nach Erarbeitung der modelltechnischen Grundlagen und nach Analyse der Entscheidungsprozesse im Bergbaugebiet werden Optimierungsmodelle für die Unterstützung des Entscheidungsfindungsprozesses in das Blickfeld der Forschung gelangen.

Im Rahmen der territorialen Langfristplanung konzentrieren sich die Arbeiten der Wasserwirtschaft in der Nutzergemeinschaft auf die Mitwirkung beim Aufbau von Hydrogeologischen Großraummodellen (HGM) in den Bergbaugebieten Leipzig/Halle und Lausitz.

In enger Kooperation zwischen Betrieben und Einrichtungen des Ministeriums für Kohle und Energie (BKK Bitterfeld, Forschungsgruppe „Tagebauentwässerung" des BKK Senftenberg und der TU Dresden), des Ministeriums für Geologie (GFE Halle, VEB HGN) und des Ministeriums für Umweltschutz und Wasserwirtschaft (WWD Saale-Werra, IfW Berlin, WWD Obere Elbe-Neiße) werden zwei Großraummodelle für den Nord- und den Südraum des Bergbaugebiets um Leipzig erarbeitet. Der Schwerpunkt dieser Arbeiten liegt auf der Erstellung einer multivalent nutzbaren arbeitsplatznahen Datenbasis für das Gesamtgebiet auf der Grundlage eines repräsentativen Grundwasser-Meßnetzes und der Ergebnisse der Modellrechnungen. Ziel der Berechnungen mit den HGM sind verbesserte Aussagen über die großräumige Grundwasserdynamik im gesamten Bergbaugebiet über einen Prognosezeitraum von mindestens 20 Jahren, unter den Bedingungen der sich überschneidenden Reichweiten der Absenkungstrichter der Tagebaue.

Im Rahmen der regionalen Mittelfristplanung gilt es, die bewährte Arbeit mit den ständig arbeitenden Modellen (SAM) der Wasserwirtschaft fortzusetzen und zu verbessern. Aufbauend auf dem bestehenden SAM „Leipzig–Delitzsch" wird entsprechend den eingetretenden Veränderungen im Gebiet zwischen Leipzig und Delitzsch ein aktualisiertes und erweitertes SAM entwickelt. Im Blickpunkt stehen hierbei die Bewirtschaftung des Restloches Cospuden, die Infiltration Leipzig-Nord und der Elster-Saale-Kanal. Um speziell die wasserwirtschaftlichen Entscheidungen im Gebiet der Elsterfelder künftig besser unterstützen zu können, wird am Aufbau eines SAM „Weiße Elster" gearbeitet. Hierbei stehen Fragen der Versorgungssicherheit der Wasserwerke Maßnitz, Weideroda und Pegau im Mittelpunkt. Im Zusammenwirken mit dem parallel zu entwickelnden LBM „Weiße Elster" entsteht perspektivisch ein umfassendes Informationssystem in dieser Region.

Regionalmodelle, wie sie die genannten SAM darstellen, bedingen einerseits einen hohen Daten- und Rechenaufwand, sollten andererseits aber direktes Arbeitshilfsmittel für die Grundwasserfragen bearbeitenden Abteilungen der Wasserwirtschaft sein. Aus diesem Grund wird im Rahmen der Forschung nach vereinfachten Methoden zur Modellierung der regionalen Grundwasserdynamik gesucht. Schwerpunkt der Untersuchungen des IfW Berlin liegt auf der Randelementenmethode (Boundary Element Method BEM). Ihre vielseitige Anwendbarkeit und einfache Handhabung, analog zur elektroanalogen Papiermodellierung, ließen sie für eine Reihe von Aufgaben zu einer echten Alternative zu den Gebietsdiskretisierungsverfahren, wie Finite Element Methode (FEM) und Finite Differenzen Methode (FDM), werden. Für die anlagenorientierte, operative Grundwasserbewirtschaftung gilt es, Software für arbeitsplatznahe Rechentechnik (BC, PC, AC) zur Simulation der Grundwasserströmungs- und -beschaffenheitsverhältnisse einzuführen, weiterzuentwickeln und zu testen. Der Schwerpunkt ist dabei auf die Software zu legen, die auf der anläßlich der internationalen Tagung „Groundwater Monitoring and Management" ausgerichteten CAD-CAM-Ausstellung durch die beteiligten Einrichtungen vorgestellt wurde. Im Ergebnis der Bearbeitung soll ein CAD-Arbeitsplatz „Grundwasserbewirtschaftung im Bergbaugebiet" angeboten werden, der eine effektive, mikrorechnergestützte Bearbeitung von vorwiegend anlagenorientierten bis regionalen Problemen gestattet. Die Erstanwendung wird an wasserwirtschaftlich wichtigen Objekten zur Restlochbewirtschaftung und zur Trinkwasserschutzzonenbemessung erfolgen.

Aus der bisher dargestellten Modellstruktur läßt sich die dominierende Rolle der Datenerfassung, Datenspeicherung und Datenmanipulation ableiten. Mit der Einführung der PC-Technik in allen Abteilungen der WWD Saale-Werra eröffnen sich breite Möglichkeiten für die multivalente Datennutzung. Die Erarbeitung programmtechnischer Lösungen für den Aufbau arbeitsplatznaher Operativdatenbanken (ODB) erfolgt im IfW Berlin im Rahmen mehrerer Forschungsthemen, die keinen direkten Bezug zu der hier vorgestellten F/E-Aufgabe haben.

Die in diesem Zusammenhang relevanten ODB des IfW
– Arbeitsplatz „GW-Dargebot"
– ODB „Grundwasserstand"
– ODB „Grundwassernutzungen"
– ODB „Grundwasservorräte"

auf der Basis des Datenbankbetriebssystems REDABAS ermöglichen diese multivalente Nutzung des Datenfundus in allen Modellebenen. Praktische Grundlage für die „Füllung" der ODB bildet ein rekonstruiertes Grundwassermeßnetz der OFM Leipzig und Halle. Generell läßt sich feststellen, daß das in der Wasserwirtschaft entwickelte Konzept der ODB eine wichtige Voraussetzung bei der Bearbeitung von wasserwirtschaftlichen Problemen im Bergbaugebiet ist.



Neuerungen

Algorithmus für Prozeßanalysen zur Senkung der Wasserverluste
Reg.-Nr. NV 09-20/657/6
VEB WAB Erfurt
Nach dem Beispiel des Versorgungsgebietes Waltershausen wurden umfangreiche technisch-organisatorische Maßnahmen zur Senkung der Wasserverluste realisiert. Das Ergebnis ist in einem allgemeingültigen Algorithmus für die Durchführung von Prozeßanalysen ausgewiesen.

Planungs-, Leitungs-, Kontroll- und Abrechnungssystem zum Qualitätssicherungssystem
Reg.-Nr. NV 08-52/86
VEB WAB Halle
Die Neuerung beinhaltet ein einheitliches, auf meß- und abrechenbaren Kriterien aufgebautes System der Planung, Leitung, Kontrolle und Abrechnung von Maßnahmen, die der Qualitätssicherung in der Trinkwasserversorgung nach Menge, Druck und Güte dienen. Die erarbeiteten Kriterien sind Grundlage zur Beurteilung der Qualität des Trinkwassers. Die rechnergestützte Auswertung ist möglich.

Düsenkörper und -einsätze für Hochdruckspüldüsen zur Reinigung von Abwasserkanälen
Reg.-Nr. NV 13/105/87
Betrieb: VEB WAB Leipzig
Die zweiteilige Hochdruckspüldüse hat folgende Vorteile:
– strömungstechnisch und in den Abmessungen abgestimmte Adaption des Schlauchanschlusses an den Düsenkörper
– Schaffung eines für die Strahlwirkung erforderlichen Beruhigungsraumes
– turbulenzfreie Ausströmung im Zustrombereich, damit freier und ungestörter, strömungsgünstiger Wasserzulauf

Diese und weitere Vorteile führten zu einer optimalen Lösung mit hohem Wirkungsgrad.

Chlordosiereinrichtung für freie Behältereinläufe
Reg.-Nr. NV 09-70/641/5
Betrieb: VEB WAB Erfurt
Die Neuerung wird vorwiegend zur Chlordosierung für freie Behältereinläufe eingesetzt, in denen die Technologie zur Entkeimung von Trinkwasser durch das Fehlen eines Elektro-Anschlusses bisher nicht ausreichend gelöst werden konnte. Der Antrieb der Dosiereinrichtung erfolgt über das Hebeprinzip. Die Chlorlauge fließt entsprechend der eingestellten Dosiermenge in den Behältereinlauf ein. Auf Grund der Volumenveränderung wird die Lauge unter Druck verdrängt.

Kleinstfilterversuchsanlage
Reg.-Nr. NV 16/35/87
Betrieb: VEB FWV Elbaue–Ostharz
Die Neuerung ermöglicht die Durchführung von Filtrationstesten mit 1 l vorbehandeltem oder unbehandeltem Wasser. Durch diese Tests kann die Behandlung des Wassers vor der Filtration optimiert und die Effektivität des unterschiedlichen Filtrationsmaterials und der Filtrationsgeschwindigkeiten auf die Filtration ermittelt werden. Elektroenergie wird nicht benötigt. Das Gerät ist sowohl in Laboratorien als auch in Wasserwerken einsetzbar.

Prognose der Grundwasserbeschaffenheit in Bergbaugebieten

Dr.-Ing. Karl DYBEK; Dr. rer. nat. Martin SCHWAN
Beitrag aus der Wasserwirtschaftsdirektion Obere Elbe – Neiße

1. Volkswirtschaftliche Bedeutung der Nutzung von Tagebauwasser in der DDR

Der Braunkohlenbergbau mit seiner Jahresproduktion von mehr als 300 Mill. t schafft die entscheidenden Grundlagen unserer Energieversorgung. Bestandteil der Abbautechnologie ist eine Grundwasserabsenkung bis ins Liegende des Braunkohlenflözes, die vielfältige nachteilige Wirkungen auf den Grundwasserhaushalt und die Grundwasserbeschaffenheit hat. Besonders spürbar sind die Auswirkungen auf vorhandene Brunnen zur Wasserversorgung, deren Förderleistung kleiner wird oder ganz ausfällt.
Die derzeitige Wasserhebung in den beiden Braunkohlenabbaugebieten der DDR – das sind mehr als 30 große Tagebaue mit 6000...7000 Entwässerungsbrunnen – erreicht 1,8 Mrd. m^3/s. Das Tagebauwasser setzt sich aus Filterbrunnenwasser (80...90 %) und in die Gruben fließendes Oberflächenwasser zusammen. Ein großer Teil dieser Wassermengen wird ungenutzt in offene Wasserläufe abgeleitet und bestimmt über Jahrzehnte den Abfluß in diesen Gewässern. Sie können dort zur Niedrigwasseraufhöhung, zur Bewässerung und zur Grundwasserspeisung dienen. Bis 1985 ist der Grad der direkten Nutzung der Tagebauwässer auf 35 % angestiegen. Eine weitergehende direkte Nutzung der gehobenen Grubenwässer ist angesichts der angespannten Wasserhaushaltsituation der DDR dringend geboten.
Zunehmende Bedeutung erlangt die Nutzung von Grundwasser in Altbergbaugebieten. Kernfrage ist in jedem Fall eine langfristige Prognose der Wasserhebung bzw. des Grundwasserwiederanstiegs und der Grundwasserbeschaffenheit.

2. Einflußfaktoren auf die Grundwasserbeschaffenheit in Bergbaugebieten

Ausgehend von den in den Braunkohlentagebaugebieten der DDR gewonnenen Erfahrungen ergibt sich für die Grundwasserbeschaffenheit des durch die Tagebauentwässerung zu hebenden Wassers bzw. des Grundwassers in Wiederanstiegsgebieten in Abhängigkeit von der Entwässerungsphase folgende Situation:
Vorentwässerung: Bei Förderung überwiegend statischer Grundwasservorräte wird Wasser mit erkundeten Beschaffenheitsmerkmalen gefördert; die Beschaffenheit wird durch in geologischen Zeiträumen entstehende geogene und teilweise anthropogene Einflüsse bestimmt.
Wasserhaltung: Bei Förderung vorwiegend dynamischer Grundwasservorräte dominieren anthropogene Einflüsse; eine geogen bedingte Verschlechterung der Beschaffenheit ist möglich.
Grundwasserwiederanstieg: Das Grundwasser ist anthropogen stark gefährdet; die Wasserbeschaffenheit kann bei Existenz von Eisendisulfid dominant beeinflußt werden. Die anthropogenen und geogenen Einflußfaktoren können zu vielfältigen Umweltbeeinträchtigungen führen und die Nutzbarkeit des gehobenen Wassers einschränken oder verbieten. Durch anthropogene Einflußfaktoren besonders gefährdet sind:
- Gebiete mit fehlender Deckschicht und/oder ortsflächennahem Grundwasserstand
- vegetationslose Kippenflächen
- Gebiete, in denen Grundwasserleiter und Wasserläufe in hydraulischer Verbindung stehen

Die meist in Restlöchern des Braunkohlenbergbaus gelagerten Abprodukte erweisen sich zuehmend als Hauptkontaminationsquelle auch der tieferen und bisher als weitgehend geschützt eingestuften Grundwasservorräte. Zu nennen sind vor allem Deponieprobleme der chemischen Industrie und der Kohlekraftwerke.
Unter den geohydrodynamischen Bedingungen der Tagebauentwässerung und der Herausbildung „geöffneter" geologischer Strukturen in den ausgekohlten Gebieten kann die enge Nachbarschaft von Schutz- und Gefahrenzonen zum Übertritt kontaminierter Grundwässer in Trinkwasserfassungszonen führen.
Unter den geogenen Einflußfaktoren dominieren Grundwasserversalzungen und die Probleme der Eisendisulfidverwitterung. Auf Grund der großen Verbreitung der Eisendisulfide in den Abraumschichten des Braunkohlenbergbaues der DDR kommt der Vorhersage der Parameter Eisen- und Sulfatgehalt und Acidität des Grundwassers eine dominierende Rolle zu.
Das bei der Tagebauentwässerung und besonders beim Grundwasserwiederanstieg geförderte Grundwasser besitzt sehr oft einen hohen Eisen- und Sulfatgehalt bei niedrigem pH-Wert. Der Grund dafür ist die Verwitterung von Pyrit und Markasit, die infolge der Grundwasserabsenkung durch Belüftung der Grundwasserleiter bzw. Abraumkippen einsetzt. Diese Eisensulfidminerale befinden sich in feinverteilter Form oder Konkretion hauptsächlich im tertiären Abraum.

3. Prognose von Acidität, Eisen- und Sulfatgehalt des Grundwassers

Die Nutzung des durch den Bergbau gegenwärtig und zukünftig gehobenen Grundwassers erfordert geeignete Verfahren, mit denen auf der Grundlage nur ungenauer Kenntnisse der bergbaulichen Entwicklung und der hydrogeologischen Parameter eine hinreichende Abschätzung der Auswirkungen des Verwitterungsprozesses der Eisendisulfide möglich ist. Die entwickelte Methode dient diesem Anliegen. Sie gilt innerhalb großer Zeiträume, d. h., die Vorhersage betrifft eine mittlere Kontamination über Jahre und Jahrzehnte. Sie dient nicht der Berechnung der Wasserqualität für einzelne Wasserfassungen und für einen engen Zeithorizont.

3.1. Verfahrensweg

Das Verfahren zur Quantifizierung des Verwitterungsprozesses von Eisendisulfid (FeS_2) geht von der Bruttoreaktionsgleichung aus:

$$FeS_2 + 3,5\ O_2 + H_2O \xrightarrow[\text{Bakt.}]{pH < pH_{grenz}} Fe^{2+} + 2\ SO_4^{2-} + 2\ H^+ \quad (1)$$

$$FeS_2 + 3,75\ O_2 + 3,5\ H_2O \xrightarrow[\text{Bakt.}]{pH > pH_{grenz}} Fe(OH)_3 + 2\ SO_4^{2-} + 4\ H^+ \quad (2)$$

$$\text{mit } pH_{grenz} \approx 3 \quad (3)$$

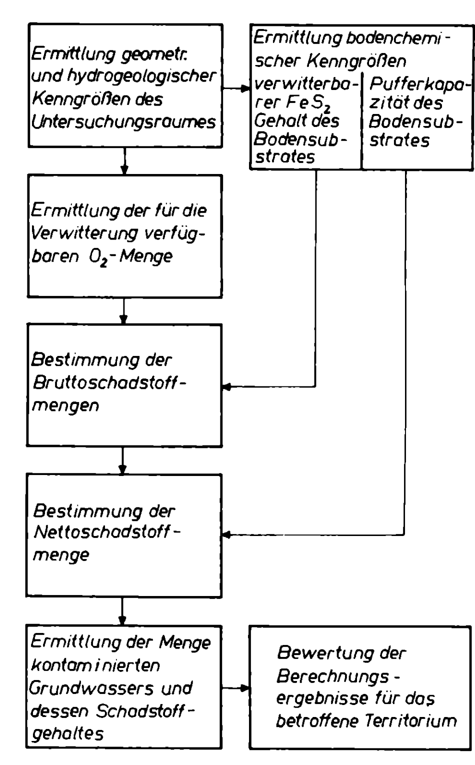


Bild 1 Hauptaktivitäten zur Einschätzung der Grundwasserkontamination durch FeS_2-Verwitterung

Zwischen den beiden Kristallisationsformen des FeS_2 (Pyrit und Markasit) wird nicht unterschieden.

Ziel und Inhalt des Verfahrens lassen sich in folgenden Fragen (Bild 1) zusammenfassen, die zugleich den Ablauf der Arbeit skizzieren:

1. Welche Geometrie und welchen Aufbau hat der betroffene Grundwasserleiter (GWL) bzw. Schichtkomplex, welche Bereiche und Schichten werden entwässert?
2. Enthält das Bodensubstrat des betroffenen GWL bzw. Schichtkomplexes FeS_2-Minerale in kritischen Mengen, so daß bei Sauerstoffzutritt die Wasserbeschaffenheit wesentlich beeinträchtigt werden kann?
3. Welcher Anteil des vorhandenen verwitterbaren FeS_2 verwittert?
4. Bestehen geochemische Voraussetzungen, einen Teil der Schadstoffe abzupuffern; wie groß ist dieser Teil?
5. Wieviel Wasser ist durch die FeS_2-Verwitterung betroffen; welche Konzentrationen an Sulfat, H^+-Ionen (pH-Wert) und Fe^{2+}-Ionen entstehen in dem wassergefüllten Porenraum?

Vereinfachend wird angenommen, daß ein Austausch von Wasser des Betrachtungsraumes mit der Umgebung nicht stattfindet; erfaßt werden Entwässerung und Wiederanstieg. Die beschriebene Methode gilt für homogene (quasihomogene) und homogen geschichtete Aquifers. Bei signifikant unterschiedlichen Porositäten und u. U. FeS_2-Gehalten einzelner Schichten ist eine entsprechende Superposition der schichtbezogenen Einzelergebnisse erforderlich, wenn eine summarische Aussage über die Gesamtmächtigkeit des Aquifers benötigt wird.

3.2. Geometrische und hydrogeologische Kenngrößen

Der Untersuchungsraum zur Abschätzung der FeS_2-Verwitterung ist durch die maximale Entwässerungsreichweite in einem oder mehreren Aquifers eines oder mehrerer Tagebaue definiert. Er untergliedert sich in folgende Teilräume (Bild 2):

1. Entwässerungsraum – der über der Fläche A_E außerhab des Tagebaues durch die Tagebauentwässerung maximal betroffene Raum (bei weiterer Symbolik Index E)
2. Tagebauraum – der über den Flächen $A_{1...N}$ durch Totalentwässerung und Überbaggerung in Anspruch genommene Raum (bei weiterer Symbolik Index T)

Untersuchungsraum kann auch ein Teilgebiet eines Tagebaus sein. Voraussetzung für alle weiteren Arbeitsschritte ist die Kenntnis von Größe und Form der betroffenen Aquifers, insbesondere Ausdehnung und Mächtigkeit. Benötigt wird der gesamte Wasservorrat vor und nach der Entwässerung bzw. nach dem Wiederanstieg sowie das entwässerte Volumen einschließlich der Absenkung des Wasserstandes im Aquifer.

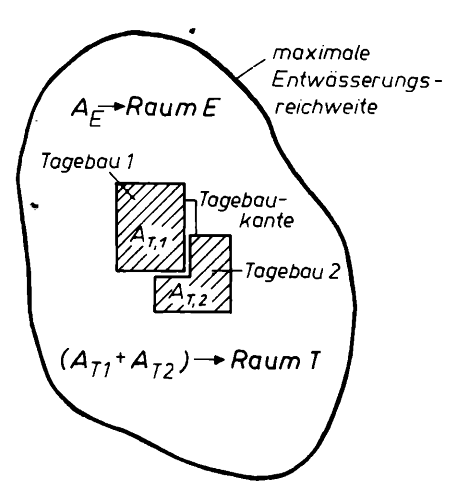


Bild 2 Schematische Darstellung eines Untersuchungsraumes

3.3. Verwitterbarer FeS_2-Gehalt und O_2-Angebot

Fischer /1/ entwickelte eine Methode, die den im Laborversuch verwitterbaren Teil des FeS_2 erfaßt. Da die natürliche Gesteinsbeschaffenheit stets starken Streuungen unterliegt, sollten mindestens 10 Proben für einen einheitlichen GWL untersucht werden. Im Ergebnis der Bodenanalysen müssen für alle Schichten folgende zwei Kenngrößen vorliegen:

1. Im Laborversuch verwitterbares FeS_2 im Boden (bezogen auf Trockensubstanz)

$$^{c}S, FeS_2 \text{ in g/kg } (= \text{kg/t}) \quad (4)$$

2. Trockenrohdichte des Bodensubstrates

$$\varrho_{Boden} \text{ in g/cm}^3 \; (= \text{t/m}^3) \quad (5)$$

Wie aus den Reaktionsgleichungen (1) und (2) ersichtlich, ist die FeS_2-Verwitterung an die Zufuhr von Sauerstoff gebunden. Prinzipiell werden zwei Fälle unterschieden:

1. Die Summe des zur Verfügung stehenden O_2 ist größer als die stöchiometrisch entsprechende im Boden vorhandene FeS_2-Menge. FeS_2 ist begrenzender Faktor der Schadstoffbildung.
2. Der FeS_2-Gehalt eines Bodens ist größer (bzw. entspricht dem) O_2-Angebot; O_2 ist begrenzender Faktor der Schadstoffbildung.

Von entscheidender praktischer Bedeutung ist Fall 2. Für die Bilanzierung der entstehenden Schadstoffmengen ist somit die Sauerstoffbilanz von entscheidender Bedeutung. Da die molekulare Diffusion im unverritzten Gebirge nur unbedeutende Stoffmengen transportieren kann (ihre Reichweite liegt maximal im Bereich weniger Meter), kommen unter den Bedingungen des Braunkohlentagebaues hauptsächlich folgende Quellen in Betracht:

1. die während der Entwässerung in den Porenraum nachdrängende Luft
2. die während der Verkippung eingelagerte Luft im Abraumkippenkörper
3. die Diffusion von O_2 in den unbedeckten Kippenkörper
4. der mit dem Wasser in das Bilanzgebiet transportierte Sauerstoff oder Schluckbrunnen zur Wasserhaltung

Damit ergeben sich folgende Möglichkeiten, die O_2-Masse zu berechnen:

O_2 im unverritzten Raum E

Die Menge des in den Porenraum der FeS_2-haltigen Schicht eindringende Luftsauerstoff berechnet sich aus:

$$m_{O_2,E} = V_{entw,E} \cdot \varkappa \text{ in kg} \quad (6)$$

mit $V_{entw,E}$ = Volumen des entwässerten Porenraumes im FeS_2-haltigen Gestein

$$\varkappa = n_e \cdot 0{,}3 \text{ in kg} \quad (7)$$

(Der Gewichtsanteil von O_2 in 1 m^3 Luft beträgt ≈ 0,3 kg.)

mit n_e = entwässerbare Porosität des unverritzten Abraumes

Die Werte für $\varkappa$ können Tabelle 1 entnommen werden.

O_2 in der Abraumkippe

Das in der Abraumkippe lagernde Bodensubstrat wurde im unverritzten Zustand dem der Vorentwässerung folgenden Luftsauerstoff ausgesetzt. Während des Verkippungsprozesses erfolgt dann zum zweiten Mal eine intensive Belüftung des Kippenmaterials. Schließlich unterliegt die oft über viele Jahre unbedeckte Kippenoberfläche A_{Ki} dem ständigen Zugang von O_2 aus der Luft bzw. dem einsickernden Niederschlag. Die in den Kippenraum gelangende O_2-Menge ergibt sich somit unter Beachtung von Gl. (7) näherungsweise:

$$m_{O_2,Ki} = V_{g,T}\,(2\varkappa + 0{,}3\,(f-1)) \cdot t \cdot \varepsilon \cdot A_{Ki} \quad (8)$$

in kg

mit $V_{g,T}$ = Volumen des FeS_2-haltigen Lockergesteins
A_{Ki} = Flächengröße der Abraumkippe
f = Auflockerungsfaktor des Abraumes bei Verkippung
t = Dauer der Unbedecktheit der Kippe in a
ε = spezifischer O_2-Eintrag in Kippenoberfläche in kg m^{-2} a^{-1} aus molekularer Diffusion

3.4. Bestimmung der Schadstoffmengen

Die Berechnung der Bruttoschadstoffmengen kann aus der Sauerstoffmasse m_{O_2} in Abhängigkeit vom pH-Wert entsprechend den Reaktionsgleichungen (1) und (2) auf stöchiometrischer Grundlage für jeden der Untersuchungsräume *E* und *T* erfolgen.

Das entstehende Sulfat unterliegt im Boden in der Regel keinen Wechselwirkungen; der maximale Gehalt wird im allgemeinen durch die Lösbarkeit von $CaSO_4$ (Gips) bestimmt.

Durch die Pufferkapazität (PK in mmol H^+/kg

Tabelle 1 Sauerstoffgehalt der Bodenluft von 1 m^3 Lockergestein in Abhängigkeit von Porosität und Durchlässigkeit

Bodenart	entwässerbare Porosität n_o	Durchlässigkeit k_f (m/s)	O_2-Gehalt (kg/m^3)
s. Kies	0,25...0,20	$3 \cdot 10^{-3}...5 \cdot 10^{-4}$	0,075...0,060
k. Sand	0,20...0,15	$1 \cdot 10^{-3}...2 \cdot 10^{-4}$	0,060...0,045
m. Sand	0,15...0,10	$4 \cdot 10^{-4}...1 \cdot 10^{-4}$	0,045...0,030
schl. Sand	0,12...0,08	$2 \cdot 10^{-4}...1 \cdot 10^{-5}$	0,036...0,024
s. Schluff	0,10...0,05	$5 \cdot 10^{-5}...1 \cdot 10^{-6}$	0,030...0,015
t. Schluff	0,08...0,03	$5 \cdot 10^{-6}...1 \cdot 10^{-8}$	0,024...0,009
schl. Ton	0,05...0,02	$< 10^{-8}$	0,015...0,006

Boden) wird die Migration der Fe^{2+}- und H^+-Ionen jedoch stark beeinflußt.

Bei der Berechnung der absoluten Pufferkapazität ist wiederum von den Teilräumen *E* und *T* auszugehen. Für das unverritzte aber entwässerte Gebirge gilt:

$$PK_{abs} = PK \cdot V \cdot \varrho_{Boden} \text{ in kg} \quad (9)$$

mit V = entwässertes Teilvolumen des FeS_2-haltigen Lockergesteins im Raum *E* oder
= Gesamtvolumen des Abraumes (Raum *T*)

PK_{abs} des Abraumes setzt sich aus den Pufferkapazitätsanteilen tertiärer und kalkhaltiger pleistozäner Böden zusammen.

Die spezifische Pufferkapazität kann im Experiment durch Titration bis zur *PK*-Erschöpfung bestimmt werden.

Vorteilhafter ist eine indirekte *PK*-Bestimmung aus im Gruben-Abraumkippwasser gemessenen *p*H-Werten und SO_4^{2-}-Konzentrationen. Der auf diese Weise ermittelte Wert widerspiegelt alle Pufferwirkungen des jeweiligen Systems Boden + Wasser.

Für die Berechnung der Nettoschadstoffmengen müssen zwei Fälle unterschieden werden:

1. Die absolute *PK* übersteigt die nach Gl. (2) und dem Sauerstoffeintrag entstehende H^+-Ionen-Menge:

$$PK_{abs} > m_{H^+} \quad (10)$$

Fe-Ionen werden fast vollständig als $Fe(OH)_3$ ausgefällt, der *p*H-Wert stellt sich > 3 ein und Eisen(II)-Ionen liegen geringer als 20 mg/l vor.

Für die anfallende Schadstoffmenge SO_4^{2-} gilt:

$$m_{SO_4^{2-}} = 1{,}6 \cdot m_{O_2} \text{ in kg} \quad (11)$$

Der zu erwartende *p*H-Wert wird nach folgender Formel, die eine optimale Anpassung an Laborversuchsergebnisse zeigt, geschätzt:

$$pH = -\lg\left\{\left(1 - \frac{PK_{abs} - m_{H^+}}{PK_{abs}}\right) \times (10^{-3} - c_{H^+,0}) + c_{H^+,0}\right\} \quad (12)$$

mit $c_{H^+,0} \mathrel{\hat=}$ Ausgangs-*p*H-Wert

2. Die absolute Pufferkapazität ist geringer als die nach Gl. (2) entstehenden H^+-Ionen-Menge:

$$PK_{abs} < m_{H^+} \quad (13)$$

Der *p*H-Wert nimmt ab und schließlich gilt *p*H-Wert < 3, das FeS_2 reagiert nach Gl. (1). Der Übergang zwischen beiden Reaktionsgleichungen erfolgt wiederum allmählich, eine scharfe Grenze existiert nicht. Nach Gl. (2) entspricht 1 kg PK_{abs} etwa 48 kg SO_4^{2-} und 30 kg O_2. Der über die der PK_{abs} entsprechend O_2-Menge hinaus angebotene O_2 reagiert nach Gl. (1).

Somit gilt:

$$m_{SO_4^{2-}} = \underbrace{48 \cdot PK_{abs}}_{\text{n. Gl. (2)}} + \underbrace{1{,}7\,(m_{O_2} - 30 \cdot PK_{abs})}_{m_{O_2}\text{-Rest n. Gl. 1}} \text{ in kg} \quad (14)$$

Der „Rest-O_2-Menge" entsprechend entstehen nach Gl. (1):

$$m_{H^+} = (m_{O_2} - 30\, PK_{abs})\ 0{,}018 \text{ in kg} \quad (15)$$

$$m_{Fe^{2+}} = (m_{O_2} - 30\, PK_{abs})\ 0{,}5 \text{ in kg} \quad (16)$$

3.5.4 *Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser*

Von entscheidender wasserwirtschaftlicher Bedeutung sind die Schadstoffkonzentrationen; sie ergeben sich aus der Schadstoffmasse und dem betroffenen Wasservolumen. Während erstere im Ergebnis der Berechnungen nun vorliegen, läßt die Bestimmung der Wassermengen einen Ermessensspielraum. Geht man nach einer erfolgten Grundwasserabsenkung davon aus, daß der Wiederanstieg ohne Abfluß in Nachbargebiete erfolgt, bleibt die Schadstoffmenge auf den Wiederanstiegsraum beschränkt. Die entsprechende Schadstoffkonzentration c_x berechnet sich aus:

$$c_x = m_x / V_{Wiederanstieg} \text{ in kg/m}^3 \text{ bzw. g/l} \quad (17)$$

mit $x = H^+$, SO_4^{2-}, Fe^{2+}

Der *p*H-Wert ergibt sich nach der bekannten Formel:

$$pH = -\lg (c_{H^+}) \quad (18)$$

c_{H^+} in mol/l, g/l, kg/m³

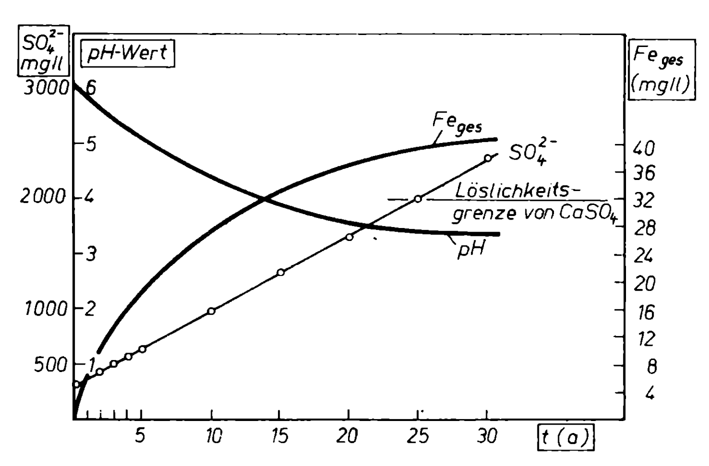


Bild 3 Berechnungsergebnisse für SO_4^{2-}-, Fe-Ges.-Konzentration und *p*H-Wert im Kippenwasser infolge FeS_2-Verwitterung in Abhängigkeit von der Dauer *t* des Luftzutritts über die Kippenoberfläche

Bild 3 zeigt die grafische Darstellung von Berechnungsergebnissen für eine Abraumkippe. Die berechneten Schadstoffkonzentrationen $c_{x,E}$ und $c_{x,T}$ stellen Schadstoffpotentiale dar, die nur unter Beachtung der getroffenen Annahmen und Vereinfachungen auf die realen bergbaulich-wasserwirtschaftlichen Verhältnisse übertragen werden können. Insbesondere vernachlässigen die berechneten Werte die Grundwasserdynamik und die Grundwasserneubildung. Beides sind wichtige Faktoren, die insbesondere nach erfolgtem Grundwasseranstieg zu Konzentrationsminderung durch Verdünnung führen können. Beachtet werden muß weiter, daß bei Vordringen des kontaminierten Wassers in andere Bereiche deren Pufferkapazität noch nicht oder nur unvollständig beansprucht wurde, weitere Fe^{2+}- und H^+-Ionen gebunden werden.

Zusammenfassung

Die dargelegte Methodik zur Berechnung der FeS_2-Verwitterung in Braunkohlenbergbaugebieten basiert auf Stoff- und Massebilanzen eines in einem geschlossenen System ablaufenden, rein durch die Menge der Reaktionspartner bedingten Reaktionsablaufes, ohne Kenntnis der Reaktionskinetik. Im einzelnen bleiben eine Reihe von Sachverhalten und Zusammenhängen unberücksichtigt /2/. Die Kenntnis dieser in enger Wechselwirkung stehenden Zusammenhänge und Bedingungen ist neben erforderlichen grundwasserdynamischen Kenngrößen Voraussetzung für eine detaillierte Beschaffenheitsprognose. Die Bestimmung erforderlicher Parameter in Feldversuchen ist praktisch teils sachlich, teils ökonomisch nicht möglich. Im Laborversuch erzielte Ergebnisse sind nur bedingt übertragbar und machen dann neben der Existenz eines geeigneten mathematischen Modells (in Form eines Rechenprogramms) eine detaillierte hydrogeologische Erkundung wünschenswert.

Die vorgestellte Methodik führte für ein Braunkohlentagebaugebiet der DDR zu praxisrelevanten Ergebnissen. Dem Modellsystem anhaftende Nachteile bzw. Vernachlässigungen konnten durch Modelleichung mittels indirekter Parameterquantifizierung im Soll-Ist-Vergleich in gewissem Umfang kompensiert werden.

Prinzipiell kann die vorgestellte Methodik in anderen Bergbaugebieten angewandt werden. Grundsätzlich ist in jedem Fall ein Soll-Ist-Vergleich berechneter und gemessener Werte einschließlich einer Modelleichung anzustreben. Zur Rationalisierung der Berechnungen und der Modelleichung wurde das Personalcomputerprogramm PYVER /3/ geschaffen.

Literatur

/1/ *Fischer, R.* Entwicklung und Anwendung eines mathematischen Modells zur Berechnung der Komplexbildung in natürlichen Wässern unter besonderer Berücksichtigung der Eisenmigration sowie der Pyrit- und Markasitverwitterung im Grundwasserleiter. TU Dresden, Sektion Wasserwesen, Dissertation A, 1983.

/2/ *Schwan, M.; Fischer, R.; Dybek, K.*: Vorhersage der Eisendisulfidverwitterung in Tagebaugebieten des Braunkohlenbergbaus. acta hydrochimica et hydrobiologica. Berlin (in Vorbereitung)

/3/ *Schwan, M.; Dybek, K.* Programmbeschreibung zum Mikrorechnerprogramm PYVER (Pyritverwitterung). WWD Obere Elbe-Neiße, 1987, unveröffentlicht

Weitere Literatur

Luckner, L.; Hummel, J. Modelling and prediction of the quality of mine drainage water and for the drinking water supply in the GDR. First International Mine Water Congress, Budapest Hungary, 1982 (Proceedings D)

Gewinnung von Eisenoxidhydrat aus Grubenwasser und Verwertungsmöglichkeiten

Dipl.-Chem. Lothar WÜNSCH
Beitrag aus dem Institut für Energetik

Im Rahmen der Nutzung von Abprodukten und Sekundärrohstoffen spielen die Eisenhydroxidschlämme aus Grubenwasserreinigungsanlagen eine große Rolle.
Um eine Tonne Kohle aus dem Niederlausitzer Revier fördern zu können, müssen etwa 7 t stark eisenhaltiges Wasser gefördert werden. Teilweise fällt das Eisenoxidhydrat bereits durch Lufteinwirkung aus, teilweise wird durch Zusatz von Kalk Eisenhydroxid ausgefällt. Der anfallende Eisenhydroxidschlamm stellt mit rund 2 Mill. m^3/Jahr, das entspricht 40000 t Eisen jährlich, eine potentielle Rohstoffquelle dar. Gegenwärtig werden diese Mengen in Restlöchern von Tagebauen verspült.
Im Institut für Energetik wird in Zusammenarbeit mit dem VE Braunkohlenkombinat Senftenberg untersucht, wie die genannten Mengen an Eisenhydroxidschlamm verwertet werden können.

Analytische Untersuchungen des Eisenhydroxidschlammes

Der Eisengehalt des wasserfreien Produktes liegt je nach Abfallstelle und Ausfällungsart zwischen 12 und 72%, das entspricht einem Fe_2O_3-Gehalt von 16,3 bzw. 98%.
Der Kalziumgehalt beträgt 0,02...33%. Der getrocknete Eisenhydroxidschlamm wurde auf folgende Kationen hin untersucht:
Ag, Al, As, Au, B, Bs, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Pd, Su, Sr, Ti, V, W, Zn, Zr.
Die Gehalte lagen wesentlich unter 0,1%. Ausnahmen bilden
Aluminium (0,5...4%), Barium (0,04...0,80%), Magnesium (0,02...1,6%) und Mangan (0,006...0,50%).
Die höheren Werte waren in den Schlämmen mit Bekalkung anzutreffen.
Von den Anionen wurden SO_4, PO_4, CO_3, S, S_2, Cl bestimmt. Nachgewiesen werden konnten nur Sulfationen (0,4...11%).
Je nach Alterung des Schlammes beträgt der Wassergehalt des stichfesten Materials 50...70%.
Die Glühverlustkurven zeigen, daß sich zwischen 700 und 800 °C ein nahezu konstanter Wert einstellt. Es kann also angenommen werden, daß sich in diesem Temperaturbereich ein konstantes Oxid gebildet hat.
Die Farbintensität dieser geglühten Produkte war außerordentlich stark, ein Hinweis darauf, daß diese Produkte durchaus als Pigmente einsetzbar wären. Aus den Glühverlustkurven läßt sich erkennen, daß mit steigender Temperatur sich die Farbe von gelb/gelbrot über gelbbraun nach rotbraun/rot verändert. Ab 700 °C entstanden farblich durchaus ansprechende rote bzw. rotbraune Produkte.

Verwertungsmöglichkeiten

Aufgrund der auf den ersten Blick stark schwankenden Zusammensetzung dieser Eisenhydroxidschlämme schien eine Verwertung mit großen Schwierigkeiten verbunden. Grob läßt sich sagen, daß die Produkte folgende Eisengewebe zeigten:

unbekalkt

Anfallstelle A	69...72% Fe
Anfallstelle B	65...72% Fe
Anfallstelle C	60...68% Fe

bekalkt

Anfallstelle D	12...25% Fe
Anfallstelle E	30...45% Fe
Anfallstelle F	40...52% Fe.

Ablesbar ist eine gewisse Qualitätsstabilität der einzelnen Anfallstellen.
Größere Schwankungen, wie sie bei den bekalkten Produkten gemessen wurden, lassen sich darauf zurückführen, daß der Kalk nicht in konstanter Menge zugesetzt wird. Demzufolge sind der Verwertung nach zwei grundlegende Produkte zu unterscheiden:
– Eisenhydroxidschlamm ohne Kalkfüllung
– Eisenhydroxidschlamm mit Kalkfüllung.
Welche Möglichkeiten der Verwertung von Eisenhydroxidschlamm gibt es?

• Einsatz als Gasreinigungsmasse
Eisenoxidhydrat wird zur Absorption von Schwefelwasserstoff eingesetzt. Allerdings ist der Bedarf an Gasreinigungsmasse stark zurückgegangen. Sollten Probleme der H_2S-Entfernung aus Gasen bestehen, was in Hinblick auf die kleineren Anlagen der Biogaserzeugung zu vermuten wäre, dann sind die Schlämme in teilentwässerter Form oder als Granulat ohne Probleme einsetzbar.

• Herstellung von Flockungsmitteln
In der Wasser- und Abwasserbehandlung werden Eisen- bzw. Aluminiumsalze in großen Mengen als Flockungsmittel eingesetzt. Der Bedarf an diesen Flockungsmitteln steigt ständig. Laborversuche haben ergeben, daß sich unbekalkte Eisenhydroxidschlämme in Salzsäure und Schwefelsäure sehr gut lösen. Deshalb wurden von uns aus den Lösungen die entsprechenden Salze, also Eisenchlorid bzw. Eisensulfat hergestellt.

• Einsatz des Farbpigments Eisenoxidrot
Das Glühen des Eisenhydroxidschlammes ergab rote Produkte. Das war Anlaß, diese Oxide zum Pigment aufzuarbeiten.
Durchgeführt wurden folgende Untersuchungen:
– Proben wurden nach dem Trocknen bei 800 °C geglüht
– Untersuchungen im Pigmenttechnikum Nerchau ergaben folgende Einschätzungen:
 1. Die bekalkten Proben sind dunkelbraune, farbschwache Produkte, die in Anstrichformulierungen (z. B. in Alkydharz oder Leinöl) aufgrund ihrer Alkalität das Bindemittel zerstören würden und somit als Pigment ungeeignet sind.
 2. Aus den bekalkten Mustern lassen sich durch Glühen Produkte mit freundlichen, gelblich-roten Farbtönen von hoher Farbstärke gewinnen.
 3. Es können brauchbare Eisenoxidpigmente hergestellt werden, die die Palette der synthetischen Eisenoxidrot-Pigmente ergänzen würden.

Nach diesen ersten positiven Ergebnissen wurden weitere Untersuchungen in Zusammenarbeit mit Eisenoxidrot-Pigment-Verwertern durchgeführt. Nunmehr wurden nur unbekalkte Eisenhydroxidschlämme verwendet. Der Eisenhydroxidschlamm wurde wieder bei 800 °C geglüht, aufgemahlen, auf eine Korngröße < 63 µm gebracht. Die Eisenoxide wurden vergleichend zu dem Nerchauer Eisenoxidpigment in CPE-Grundfarbe braun und CPVC-Deckfarbe kupferbraun eingesetzt.
Einschätzung durch den VEB Farben- und Lackfabrik Leipzig:

> Ihrer Farbe, Kornfeinheit und Verträglichkeit nach sind die Eisenoxide in Grundfarben einsetzbar. Selbst die Abweichungen im Farbton bei den unterschiedlichen Anfallstellen dürften in Anbetracht des hohen volkswirtschaftlichen Nutzens von untergeordneter Bedeutung sein. Für Deckfarben müßten die Eisenoxide geringere Korngrößen aufweisen, wahrscheinlich < 40 µm.

Die Einschätzung der Eignung von Eisenoxid-Pigmenten für den Einsatz in der Bauindustrie erfolgt auf der Grundlage bindemitteltechnischer Grundsatzuntersuchungen und der Ermittlung der Farbwirkung.
Die Beurteilung des Einflusses der Versuchspigmente auf die standardisierten bindemitteltechnischen Eigenschaftswerte basiert auf dem Vergleich mit den unpigmentierten Systemen und der Wirkung des für die Einfärbung von Beton üblicherweise eingesetzten Pigments.
In die bindemitteltechnischen Untersuchungen wurden vier Versuchspigmente unter Verwendung von Portlandzementen aus der DDR und der ČSSR einbezogen. Dem Beton wurden 0; 2,5; 5; 7,5 und 10% des Pigments zugesetzt. Im Ergebnis dieser Versuche ließ sich keine Veränderung des Wasserbedarfs gegenüber dem unpigmentierten System erkennen. In ihrem Erstarrungsverhalten wichen
(Fortsetzung auf Seite 86)

Grundwasser-Gefährdungsanalysen als eine Grundlage für die rationelle Bewirtschaftung der Grundwasserressourcen

Dr.-Ing. Lienhard HERRMANN, KDT
Beitrag aus dem Institut für Wasserwirtschaft in der WWD Berlin

Da die Wasserressourcen nicht vermehrbar und in der DDR zudem sehr begrenzt sind, ist der Hauptweg zur Erfüllung der Versorgungsaufgaben die rationelle Wasserverwendung, verbunden mit einem besseren Gewässerschutz. Die damit verbundene rationelle Bewirtschaftung der Grundwasserressourcen (GWR), deren Anteil an der Trinkwasserversorgung in der DDR etwa 80 % betragen, umfaßt

- die rationelle Nutzung aller nachgewiesenen GWR unter Beachtung der gegenwärtigen und künftigen Bedarfsanforderungen in quantitativer und qualitativer Hinsicht,
- den Schutz der GWR vor Erschöpfung und Verschmutzung,
- die Sanierung schon geschädigter GWR mit dem Ziel der Wiederherstellung ihrer vollen Verfügbarkeit.

Eine grundlegende Voraussetzung für die rationelle Bewirtschaftung der GWR ist die genaue Information über den Zustand derselben bezüglich Menge, Beschaffenheit und beeinflussender Faktoren. Diese kann nur durch eine umfassende und wissenschaftlich begründete Überwachung /1/ gewährleistet werden.

Die komplexe Auswertung und Interpretation der Überwachungsergebnisse erfolgt in der Grundwasser-Gefährdungsanalyse. An Hand dieser ist es möglich, GW-Gefährdungen unter Berücksichtigung aktueller und potentieller GW-Kontaminationen zu erkennen und die entsprechenden Entscheidungen bzw. Maßnahmen zur Realisierung der oben genannten rationellen Bewirtschaftung der GWR zu treffen. Diese beziehen sich nicht nur auf die Wasserwirtschaft, sondern auch auf andere die GWR am Standort beeinflussende Zweige der Volkswirtschaft.

Im folgenden werden Bearbeitungsablauf und zu erreichende Ergebnisse der GW-Gefährdungsanalyse entsprechend der im Institut für Wasserwirtschaft erarbeiteten Methodik /2/ kurz erläutert.

GW-Gefährdungsanalysen sind gegenwärtig in zwei Stufen zu erstellen:

1. Stufe

Analyse objektbezogener GW-Gefährdungen für die unterirdischen Einzugsgebiete von Wasserfassungen

- laufende hydrogeologische Detailerkundung
- Nachweis von GW-Vorräten an bestehenden Wasserwerken gemäß Festlegungen des MfGeo (StVK) und des Ministeriums für Umweltschutz und Wasserwirtschaft vom 1. 12. 1984
- Verfahren zur Festlegung von Trinkwasserschutzgebieten und von Trinkwasservorbehaltsgebieten.

2. Stufe

Analyse regionaler GW-Gefährdungen auf der Grundlage der 1. Stufe. Diese umfassen größere Wasserversorgungsgebiete, vor allem in den Ballungszentren. Für sie sind zusätzlich die bezirksbezogenen hydrogeologischen Prognosen des VEB Hydrogeologie zu nutzen. Die Bearbeitungsgrundlagen für die objektbezogenen GW-Gefährdungsanalysen sind:

- Methodik der GW-Gefährdungsanalyse
- TGL 34 334 „Nutzung und Schutz der Gewässer; Grundwasserklassifizierung" einschließlich Änderungsblatt
- Richtlinie zur Bewertung von aktuellen und potentiellen Kontaminationsquellen für Wasserfassungen (Vorlage 6/88 durch das Institut für Wasserwirtschaft in der WWD Berlin)
- Operativdatenbanken (ODB) „Grundwasser" der Betriebe und Einheiten des Ministeriums für Umweltschutz und Wasserwirtschaft
- Hydrogeologisches Kartenwerk 1:50000 (HK 50)
- Informationssysteme, wie Register, Archivunterlagen, Berichte usw.

Bearbeitungsablauf zur Anfertigung objektbezogener GW-Gefährdungsanalysen

1. Klassifizierung der GW-Ressourcen gemäß TGL 34 334
   - Ermittlung aktueller lokaler, meßstellenbezogener GW-Beschaffenheitsklassen (GBK) auf der Basis der für den Bearbeitungszeitpunkt relevanten GW-Beschaffenheitsdaten für alle Beschaffenheitsmeßstellen des Einzugsgebiets der Wasserfassung bzw. der TVG und TSG
   - Bestimmung der objektbezogenen GBK auf der Basis der Rohwasseranalysen der Wasserfassungsanlage
   - Bestimmung der meßstellenbezogenenen GW-Geschütztheitsklassen (GGK)
   - Ermittlung der flächenbezogenen GGK als Flächenmittelwert für die Trinkwasserschutzzonen I und II bzw. für Teilgebiete der Trinkwasserschutzzone II gemäß diesbezüglicher Festlegungen der TGL 43 850 „Trinkwasserschutzgebiete"
   - Ermittlung meßstellenbezogener GW-Kontaminationsgefährdungsklassen (GKGK).

Die Erfassung der genannten Größen in Klassen hat den Vorteil, daß die Streuung der Kriterien, die u. a. in ungeeigneter Probenahmetechnik, schwer vergleichbaren Analysenmethoden und unzureichendem Aufschlußgrad begründet sind, innerhalb der Werteskala der Klassen ausgeglichen wird.

Die GBK, GGK und GKGK können zu GW-Nutzungsklassen zusammengefaßt werden.

2. Ermittlung von GW-Bahnlinien und Ausgrenzung von Zuströmbereichen der Wasserfassungen (Brunnen, Brunnengruppen, Galerien)
3. Ermittlung der GW-Fließzeiten auf GW-Bahnlinien oder Berechnung von GW-Isochronen gemäß Festlegungen TGL 43 850 „Trinkwasserschutzgebiete"
4. Durchführung einer Kontaminationsrecherche auf der Grundlage der HK 50 und der ODB „GW-Kontaminationen" der Wasserwirtschaftsdirektionen oder auf der Grundlage anderer Informationssysteme (Berichte, Registraturen, Archivunterlagen)
5. Bewertung der aktuellen und potentiellen Kontaminationsquellen in unterirdischen Einzugsgebieten der Wasserfassungen gemäß diesbezüglicher Richtlinie
6. Zusammenfassende Betrachtung und Auswertung der Ergebnisse sowie verbale Formulierung der GW-Gefährdungsanalyse unter besonderer Berücksichtigung folgender Aspekte:
   - Kritische Einschätzung der Daten der GW-Beschaffenheit sowie ihres zeitlichen und räumlichen Trends
   - Analyse des für die Ermittlung der GGK verwendeten Materials bezüglich Aufschlußgrad, Lagerungsverhältnisse, Singularitäten, Parametersicherheit
   - Einschätzung der Kontaminationsquellen bezüglich Lage, Ausdehnung, Zeitdauer, Intensität, Wasserschadstoffeintrag
   - Beurteilung der GKGK bezüglich Relevanz für die prognostischen Wasserfassungen
7. Dokumentation der Ergebnisse als
   - GW-Gefährdungsregister
     Mit Hilfe der ODB „Grundwasser" ist ein GW-Gefährdungsregister anzulegen und zu führen, in dem für alle bearbeiteten Objekte die erfaßten und erarbeiteten Daten auszuweisen sind.
   - kartenmäßige Darstellung der GW-Beschaffenheitsmeßstellen mit Kennzeichnung der GBK und GGK im Maßstab 1:50000 (ggf. 1:25000 oder 1:10000)
   - kartenmäßige Darstellung der GBK, GGK und GKGK von Wasserfassungen in den zuvor genannten Maßstäben.

Zusammenfassung

GW-Gefährdungsanalysen liefern Informationen über die Ressource Grundwasser und deren Randbedingungen bzw. Einflußgrößen in folgender Form:

- Lokale, meßstellenbezogene GW-Beschaffenheitsklasse (GBK) und GW-Geschütztheitsklasse (GGK) für alle im Einzugsgebiet der Wasserfassungen liegenden GW-Beschaffenheitsmeßstellen

(Fortsetzung auf Seite 86)

Territoriale Systemlösungen der rationellen Wasserverwendung und Stoffkreislaufführung in der oberflächenveredelnden Industrie

Prof. Dr. sc. nat. Klaus FISCHWASSER, KDT; Doz. Dr. sc. techn. Hartmut GROTHKOPP, KDT
Beitrag aus der Technischen Universität Dresden, Sektion Wasserwesen

Die oberflächenveredelnde Industrie mit ihren Teilzweigen Galvanik, Beizerei, Ätzerei, Eloxal, Farbgebung u. a. stellt einen ökologischen, wasserwirtschaftlichen und materialökonomischen Schwerpunkt dar. Dafür lassen sich folgende Hauptgründe nennen:

1. Die **territoriale Verteilung** der rund 1500 Einrichtungen, die verschiedenen Industrieministerien zugeordnet sind und somit nicht zweigspezifisch bzw. zentral geleitet werden.
2. Der **Wasserbedarf** von rund 80 Mill. m^3/a mit steigenden Güteforderungen (Entnahme sehr häufig aus dem Trinkwassernetz).
3. Der **Abwasseranfall** und die damit verbundenen hohen **Stoffverluste.** Schwermetallverbindungen haben auf Grund der Einsatzhäufigkeit, der Toxizität, der Verlusthöhe, des Materialwertes und der Importbelastung eine primäre Bedeutung. Hochrechnungen und Schätzungen haben Schwermetallverluste > 2000 t/a ergeben (≙ Rohstoffäquivalent > 40 Mill. M/a ≙ rund 160000 t/a Dünnschlamm, der hauptsächlich auf Deponien abgelagert wird).

Die Schwermetallverluste sind insofern sehr problematisch, da die landwirtschaftliche Verwertung der Klärschlämme stark eingeschränkt bzw. unmöglich gemacht wird, wenn ungenügend behandelte betriebliche Abwässer in die Kanalisation eingeleitet werden. Darüber hinaus ist aber auch bei einer Direkteinleitung in die Gewässer durch Schwermetallanreicherung in den Sedimenten und über die Nahrungskette ein ernstzunehmendes Gefährdungspotential vorhanden.

Über technologische Lösungsmöglichkeiten zur Minimierung der Schwermetallverluste in der oberflächenveredelnden Industrie durch Stoffkreislaufführung wurde bereits in „Wasserwirtschaft–Wassertechnik" 8/82, 11/83 und 1/86 berichtet /1, 2, 3/.

Gegenstand dieser Beiträge waren vor allem die Anwendung des Ionenaustausch-Verfahrens zur Wasserkreislaufführung, die Regenerierung von schwermetallhaltigen Prozeßlösungen und Schwermetallrückgewinnung aus Abwasserteilströmen mit interner oder externer Stoffverwertung bei optimaler Kopplung mit den Spülprozessen im Oberflächenveredlungsprozeß. Darüber hinaus wurde auch auf zweckmäßige Kombinationen von Aufkonzentrierungsverfahren mittels Elektrolyse eingegangen.

Ausgangspunkt für den vorliegenden Beitrag ist die Tatsache, daß trotz eines positiven Trends in der Forschung und Entwicklung zu Prozessen der Stoffkreislaufführung sowie einer günstigen materiellen Basis, wie z. B. Ionenaustauscherharzen und Apparatetechnik, der Bedarf an Anlagen zur Wasserkreislaufführung, Wertstoffrückgewinnung und Abwasserendbehandlung nicht gedeckt werden kann.

Eine wesentliche Ursache für die geringe Bedarfsdeckung ist darin zu suchen, daß es sich bei den etwa 1500 Einrichtungen der oberflächenveredelnden Industrie vorwiegend um mittlere und Kleinanfallstellen (Schwermetallverluste: ≦ 0,3 t/a) handelt, für die derzeitige stationäre Ionenaustauschtechnologien zu aufwendig sind. Abgesehen davon, ist auch die Realisierungskapazität für stationäre Ionenaustauschertechnologien mit zugehörigen Abwasserbehandlungssystemen zu gering. Dazu kommt, daß der Entwicklungsstand für leistungsfähige Alternativverfahren wie Partikelelektrolyse, Membranzellentechnologien, Extraktion u. ä. noch keine Breitenanwendung zuläßt. Es gilt deshalb, nach neuen Lösungsvarianten zu suchen, die eine schnelle Breitenwirksamkeit ermöglichen, um den Forderungen nach abproduktarmen Technologien zur Minimierung der Schwermetallemissionen entsprechen zu können.

Mobile Ionenaustauschersysteme

Ein Durchbruch zur komplexen flächendeckenden Problemlösung der Stoffrückgewinnung, besonders der Schwermetallrückgewinnung, aus Abwässern der oberflächenveredelnden Industrie soll mit Hilfe mobiler Ionenaustauschersysteme erreicht werden /4, 5, 6, 7/. Es handelt sich dabei um den Einsatz kleiner Ionenaustauschermodule mit handelsüblichen Kunstharzionenaustauschern direkt an den Spülsystemen der Prozeßeinheiten der Oberflächenveredlung (Bild 1). Dadurch wird eine weitgehend stoffspezifische Schwermetallrückgewinnung an den Abwasseranfallstellen, meistens gekoppelt mit prozeßspezifischen Waserkreisläufen, möglich. Aufwendige Regeneriertechnologien entfallen an den einzelnen Einsatzstellen, da die Regenerierung der Ionenaustauschermodule in zentralen Einrichtungen erfolgen soll. Als „zentrale" Einrichtungen kommen aus gegenwärtiger Sicht in Frage:

– Dienstleistungseinrichtungen „Industrielle Abprodukte", die schrittweise in den Bezirken aufgebaut werden sollen

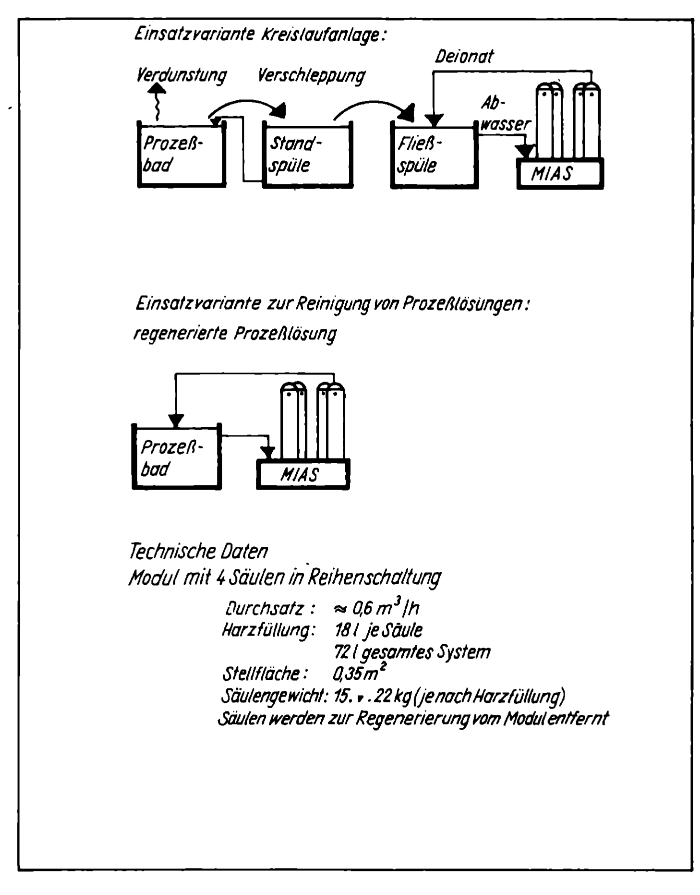


Bild 1 Einsatzvarianten und technische Daten für das mobile Ionenaustauschersystem MIAS

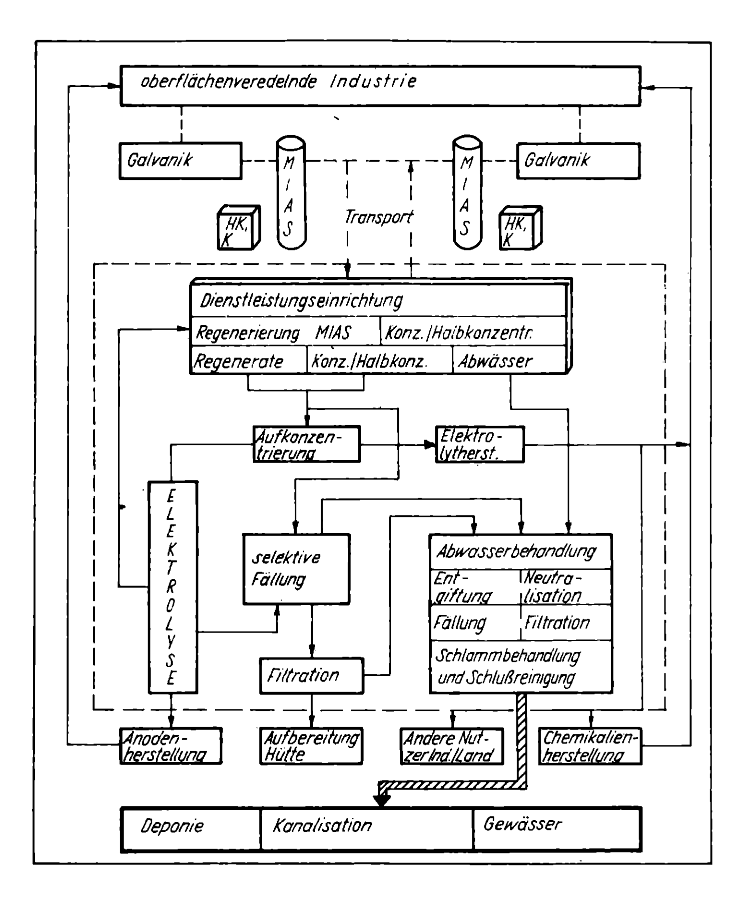


Bild 2 Stoffverwertungsstrategie einer zentralen Dienstleistungseinrichtung „Industrielle Abprodukte" (HK = Halbkonzentrate, K = Konzentrate, MIAS = Mobiles Ionenaustauschersystem)

- Leistungsfähige Kombinatsbetriebe zur Lösung der Probleme im Kombinatsmaßstab bzw. auch für andere Betriebe im Territorium.

Auch die Aufarbeitung der Regenerate und Abwasserkonzentrate soll in den zentralen Einrichtungen durchgeführt werden, so daß eine Minimierung des Aufwands für die Abwasserbehandlung in den einzelnen Betrieben möglich ist. Gleichzeitig wird der Kontakt zur Umwelt weitgehend zentralisiert, wodurch günstige Voraussetzungen zur Beherrschung der Vielschichtigkeit bei der Erfüllung von wasserwirtschaftlichen Grenzwertforderungen geschaffen werden können.

Bild 2 zeigt ein derartiges komplexes Aufbereitungssystem für Regenerate und Konzentrate durch Kopplung bekannter Verfahrensstufen. In Abhängigkeit vom Stand der Praxiseinführung der einzelnen Verfahren müssen die komplexen Aufbereitungssysteme schrittweise komplettiert werden.

Es zeichnen sich folgende Verwertungsrichtungen ab:

- Direkte Verwertung der konzentrierten Regenerate durch eine flexible, aber in jedem Falle auf hohe Stoffausnutzung (Regeneriermittel) orientierte Regeneriermethodik. Die Verwertung kann als Grundchemikalien für die Elektrolytherstellung in der oberflächenveredelnden Industrie oder in anderen Industriezweigen, wie z. B. Zinkchlorid in der Vulkanfiberproduktion, erfolgen.
- Spezifische Schwermetallfällung und hüttentechnische Aufarbeitung der teilentwässerten Schwermetallschlämme
- Aufarbeitung der Regenerate und Konzentrate auf Metall durch Elektrolyse bei gleichzeitiger Rückgewinnung des Regeneriermittels für die Regenerierung der Ionenaustauschermodule
- Regenerierung von direkt aus den Betrieben angelieferten unbrauchbaren konzentrierten Prozeßlösungen durch Eliminierung der Fremdstoffe bis unter die Störgrenzkonzentration und Rücklieferung der regenerierten Prozeßlösung an den Einsatzbetrieb.

Bestimmende Faktoren für die Durchsetzung dieser oder jener Verwertungsrichtungen sind

- die in den zentralen Einrichtungen realisierbaren Verfahren und Verfahrenskopplungen,
- die differenzierten Güteforderungen der Verwerterbetriebe, wobei die Rahmenforderungen für verwertbare Abprodukte des Forschungsinstituts für NE-Metalle Freiberg eine wertvolle Entscheidungshilfe darstellen.

Es wird dabei deutlich, wie flexibel die Verwertungsstrategie der zentralen Einrichtung sein muß, um eine relativ problemlose Anpassung an veränderte Stoffsysteme in den Einsatzbetrieben sowie sich ändernde Güteforderungen der Verwerterbetriebe zu gewährleisten.

Es ist aber auch zu berücksichtigen, daß derartig komplexe Stoffkreislaufsysteme nur dann territoriale Breitenwirksamkeit erreichen können, wenn neben der schrittweisen Praxiseinführung bei weiterer Forschung sowohl konzeptionelle Arbeiten als auch stoffspezifische Grundlagenuntersuchungen bei der Verfahrensentwicklung berücksichtigt werden.

Ein wichtiger Aspekt der konzeptionellen Arbeit ist die Systemoptimierung durch optimale Kopplung der prozeßspezifischen internen Stoffkreislaufführung mit der externen Stoffverwertung über zentrale Einrichtungen bei Minimierung des Aufwands für den jeweiligen Einzelbetrieb und die zentrale Einrichtung.

Der interne Stoffkreislauf (Bild 1) bezieht sich auf die „quasiunselektive" Aufkonzentrierung mit Hilfe mehrstufiger Spülprozesse in der Prozeßeinheit der Oberflächenveredlung und Rückführung der aufkonzentrierten Lösungen in die Prozeßstufe zum Ausgleich der Verdunstungsverluste. Durch Kopplung der letzten Spülstufe mit dem Ionenaustauschermodul zur Wasserkreislaufführung kann der prozeßspezifische interne Stoffkreislauf weitgehend geschlossen werden. Diese Variante ist primär zu verfolgen, da sie ökonomisch vorteilhaft ist.

Begrenzender Faktor sind aber störende Fremdstoffanreicherungen in der Prozeßstufe, so daß entweder zusätzliche Verfahrensstufen zur Fremdstoffeliminierung an der Prozeßeinheit eingesetzt werden müssen (z. B. Adsorptionsstufe /8/ oder Umkehrosmose /9/), oder auf diese verzichtet und dafür der Ionenaustauschermodul höher belastet wird. Letzteres ist mit einer Verringerung des internen Rückführgrades gleichzusetzen.

Der Ionenaustauschermodul stellt somit ein Bindeglied zwischen der Prozeßeinheit der Oberflächenveredlung (interner Stoffkreislauf) einerseits und dem breitgefächerten Komplex der zentralen Regenerat- und Konzentrataufbereitung mit den verschiedenen Varianten der externen Stoffverwertung andererseits dar.

Diese Optimierung zwischen „intern" und „extern" unter besonderer Berücksichtigung der Differenziertheit der Stoffsysteme und der TUL-Prozesse muß auf detaillierten Prozeßanalysen aufbauen und forschungsseitig natürlich Ausgangspunkt für umfangreiche stoffspezifische Grundlagenuntersuchungen sowie für die Erarbeitung von Entscheidungsmodellen für die Systemlösungen sein, um die angestrebte Breitenwirksamkeit zu erreichen.

Stoffspezifische verfahrenschemische Grundlagenuntersuchungen zwecks Leistungssteigerung und Erweiterung der Einsatzbreite sind sowohl für den Ionenaustausch als auch für die Verfahren der Regenerat- und Konzentrataufbereitung erforderlich.

Für den Ionenaustausch sind dabei folgende Untersuchungsschwerpunkte zu nennen:

- Trennung Schwermetallionen Begleitstoffe (z. B. Vielzahl von Organika) zur spezifischen Schwermetallanreicherung im Regenerat
- Trennung verschiedener Schwermetallionen zur Umwandlung von Mehrkomponentensystemen in Einkomponentensysteme
- Spaltung von stabilen Schwermetallkomplexen
- Anwendung von unkonventionellen Regeneriermitteln, die keine zusätzliche Abwasseraufsalzung hervorrufen sowie Einsatz gütegeminderter Regeneriermittel unter besonderer Berücksichtigung von Fremdstoffanreicherungen im Stoffkreislaufsystem
- Maximale Stoffausnutzung (Harzkapazität, Regeneriermittel) bei hoher Schwermetallaufkonzentrierung im Regenerat
- Harzbeständigkeitsuntersuchungen
- Festlegung von Einsatzgrenzen für das Verfahren

Auch bei der zentralen Aufarbeitung von Regeneraten und Konzentraten bestimmt die Stoffspezifik entscheidend die Leistungsfähigkeit der Verfahren und Verfahrenskombinationen und damit die Effektivität der Systemlösungen.

Einen Schwerpunkt stellt u. a. die Aufarbeitung von chloridhaltigen Konzentraten von Legierungsätzen dar. Die Schwierigkeit besteht darin, daß in den Konzentraten mehrere Schwermetalle nebeneinander enthalten sind, die getrennt zu eliminieren sind, damit eine vollständige Verwertung möglich wird. Gegen-

wärtig wird u. a. an der Trennung von Stoffsystemen, bei denen Cobalt/Nickel/Eisen bzw. Kupfer/Zinn oder Zink/Nickel nebeneinander vorliegen, gearbeitet.
Diese Beispiele sollen verdeutlichen, daß für die Regenerat- und Konzentrataufbereitung herkömmliche Verfahren wie Neutralisationsfällung und Schlammentwässerung zwar weiterhin notwendig sind, aber keinesfalls mehr ausreichen, um effektive Systemlösungen der Stoffkreislaufführung zu gewährleisten. Zentrale Einrichtungen zur Regenerierung der Ionenaustauschermodule und Aufarbeitung der Regenerate und Konzentrate werden sich schrittweise auch auf solche Verfahren wie Elektrolyse, Membrantrennverfahren und Extraktion einstellen müssen. Das erfordert noch ein hohes Maß an Grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung, die in enger Kooperation zwischen der jeweiligen zentralen Einrichtung zur Regenerierung der Ionenaustauschermodule und Konzentrataufbereitung sowie wissenschaftlichen Institutionen realisiert werden muß. Es wird aber auch sichtbar, wie wichtig eine zentrale Forschungskoordinierung für diesen Industriezweig ist, um wissenschaftliche Ergebnisse zum weiteren Ausbau der zentralen Einrichtungen schnell praxiswirksam werden zu lassen und Doppelarbeit zu vermeiden.

Schlußfolgerungen

Die Integrierung mobiler Ionenaustauschersysteme in vorhandene bzw. geplante stationäre Abwasserbehandlungssysteme der Betriebe in Verbindung mit einer zentralen Regenerierung der Ionenaustauschermodule sowie der Konzentrataufbereitung z. B. in Dienstleistungseinrichtungen „Industrielle Abprodukte" ermöglicht eine flächendeckende Problemlösung der rationellen Wasserverwendung mit der Hauptorientierung Minimierung der Schwermetallemissionen in der oberflächenveredelnden Industrie. Die materielle Basis für die Realisierung der Ionenaustauschermodule kann prinzipiell als abgesichert angesehen werden. Die Einführung derartiger Systemlösungen in die Praxis erfordert neben bereits erwähnten Forschungsleistungen wichtige Leistungsentscheidungen und deren konsequente Umsetzung im Territorium. Hervorzuheben sind dabei:

- Festlegung der zentralen Einrichtung für die Regenerierung der Ionenaustauschermodule und Konzentrataufbereitung einschließlich deren Einzugsbereich. Zur Durchsetzung einer flexiblen Verwertungsstrategie ist es erforderlich, daß sich die zentralen Einrichtungen als wissenschaftlich arbeitende Einrichtungen entwickeln, um die komplexen Prozesse der Einsatzplanung der Ionenaustauschermodule in den Betrieben, die TUL-Prozesse sowie die Anwendung leistungsfähiger Aufbereitungstechnologien für Regenerate und Konzentrate zu beherrschen.
- Durchführung von Prozeßanalysen in allen oberflächenveredelnden Betrieben nach einer einheitlichen Rahmenmethodik /10/, wobei jede Prozeßeinheit (Prozeßstufe, Spülprozeß) einzeln und in ihrer Kopplung mit den anderen Prozeßeinheiten einer technologischen Linie untersucht werden muß. Anhand der Prozeßanalysen kann dann verbindlich entschieden werden, in welchen Betrieben des Einzugsbereichs wieviel Module kurz-, mittel- oder langfristig erforderlich sind und wie der Anschlußgrad der Betriebe an die zentrale Einrichtung als Endlösung aussehen muß.
- Erarbeitung von detaillierten Einsatzkonzeptionen für die Ionenaustauschermodule unter Berücksichtigung der verwendeten Stoffsysteme im Oberflächenveredlungsprozeß sowie der bereits in den Betrieben vorhandenen bzw. geplanten stationären Anlagensysteme der Abwasserbehandlung.

Die Darlegungen lassen den Schluß zu, daß eine entscheidende Voraussetzung für die Praxiswirksamkeit derartiger komplexer Systemlösungen zentrale Entscheidungen hinsichtlich einer staatlichen Leitung der Prozesse im Territorium sind. Damit würde der Besonderheit der oberflächenveredelnden Industrie mit ihrer Dezentralisierung Rechnung getragen. Die Problembewältigung darf nicht den Betrieben allein überlassen werden, weil dann keine übergreifenden territorialen Systemlösungen realisierbar sind.
Im Rahmen territorialer Rationalisierungskonzeptionen muß der Lösungsweg, der mit der Festlegung und dem Ausbau der zentralen Einrichtung zur Regenerierung und Konzentrataufbereitung beginnt, zentral vorgegeben werden, während die einzelnen Betriebe unter fachlicher Anleitung für die Prozeßanalysen und detaillierten Einsatzkonzeptionen zuständig sein müssen. Das Verursacherprinzip ist damit voll berücksichtigt.
Abschließend sei auf die Anwendungspflicht des Fachbereichstandards TGL 11072 /11/ hingewiesen. Dieser Fachbereichstandard fordert u. a., daß betriebliche Investitions- und Rationalisierungsmaßnahmen zur rationellen Wasserverwendung, Wertstoffrückgewinnung und Abwasserbehandlung vor der Ausführungsprojektierung von berufenen Fachgutachtern zu begutachten sind, damit nur effektive Systemlösungen zur Realisierung kommen.
Zur Wirksamkeitserhöhung der Gutachtertätigkeit ist es aber dringend erforderlich, daß die VEB WAB und WWD mit den Betrieben Wassernutzungs- bzw. Abwassereinleitungsverträge nur dann abschließen, wenn positive Gutachten vorliegen. Damit besteht die Möglichkeit, auch über die wasserwirtschaftliche Kontrolltätigkeit die Praxiseinführung mobiler Ionenaustauschersysteme einschließlich zentraler Regenerierung und Konzentrataufbereitung zu unterstützen.

Literatur

/1/ *Fischwasser, K.*: Wirtschaftliche Wasserverwendung und Wertstoffrückgewinnung durch Ionenaustauscher in der oberflächenveredelnden Industrie. In: Wasserwirtschaft – Wassertechnik **32** (1982) 8, S. 260–263

/2/ *Kermer, K.*: Erfordernisse und Möglichkeiten der Wertstoffrückgewinnung unter besonderer Berücksichtigung der NE-Metalle. In: Wasserwirtschaft – Wassertechnik **33** (1983) 11, S. 375–377

/3/ *Fischwasser, K.; H. Grothkopp*: Wertstoffrückgewinnung und Abwasserlastsenkung in Betrieben der oberflächenveredelnden Industrie. In: Wasserwirtschaft – Wassertechnik **36** (1986) 1, 6 u. 7

/4/ *Fischwasser, K.*: Wissenschaftlich-technische Ergebnisse der Verfahrensforschung auf dem Gebiet der rationellen Wasserverwendung und Wertstoffrückgewinnung für Betriebe und Einrichtungen zur Oberflächenveredlung unter besonderer Berücksichtigung territorialer Aspekte und entsprechender Überleitungsaufgaben, Diskussionsbeitrag zum 5. Seminar des Ministerrates der DDR zur rationellen Wasserverwendung am 16. 6. 1987 in Jena

/5/ Entwicklung eines mobilen Ionenaustauschersystems einschließlich zentraler Regenerierung und Konzentratverwertung. Forschungsstudie 12/87, TU Dresden, Sektion Wasserwesen, 1987

/6/ *Fischwasser, K.; Grothkopp, H.; A. Schwan*: Mobile Ionenaustauschersysteme mit zentraler Regenerierung und Regeneratverwertung in Dienstleistungseinrichtungen – Konzept einer territorialen Systemlösung der rationellen Wasserverwendung und Stoffkreislaufführung. Vortrag zur Jahrestagung 1987 des Fachverbandes Wasserchemie der Chemischen Gesellschaft der DDR vom 24. bis 27. 11. 1987 in Gera (Tagungsmaterial)

/7/ *Fischwasser, K.; H. Grothkopp*: Vorteile und Grenzen von Stoffkreisläufen mit interner oder externer Stoffverwertung unter besonderer Berücksichtigung mobiler Ionenaustauschersysteme. Vortrag zur XXIV. Fachtagung Galvanotechnik mit internationaler Beteiligung vom 3. bis 5. 2. 1988 in Gera (Tagungsmaterial)

/8/ *Stuhrmann, R.*: Beiträge zum Einsatz von Adsorberpolymeren zur Fremdorganika-Eliminierung bei internen Stoffkreisläufen in der oberflächenveredelnden Industrie. TU Dresden, Sektion Wasserwesen, unveröffentlichte Forschungsberichte 1983–1987 (als Diss. A vorgesehen)

/9/ *Ehrig, S.*: Beiträge zum Einsatz der Umkehrosmose bei Stoffkreisläufen in der Galvanik-Industrie. TU Dresden, Sektion Wasserwesen, Dissertation A, 1985

/10/ Rahmenmethodik zur Durchführung zweigspezifischer Prozeßanalysen in der oberflächenveredelnden Industrie. TU Dresden, Sektion Wasserwesen, unveröffentlichtes Material (1987)

/11/ Fachbereichstandard TGL 11 072. „Nutzung und Schutz der Gewässer – Rationelle Wasserverwendung bei der chemischen und elektrochemischen Oberflächenbehandlung von Metallen und Plasten" Blatt 1 bis 4

Weide, H.; Paca, J.; Knorre, W. A.

Biotechnologie

Gustav Fischer Verlag, Jena 1987. – 367 S.

Dieses Buch beschreibt den derzeitigen Stand der Biotechnologie. Die Biotechnologie in weiterem Sinne befindet sich in einer außerordentlich schnellen Entwicklung. Fachkollegen aus verschiedensten in der Biotechnologie integrierten Disziplinen haben ihre Information und Erfahrungen eingebracht. Damit sollen Anregungen zur Weiterbildung für die bereits in der Biotechnologie tätigen Fachleute aus verschiedensten Wissenschafts- und Technikbereichen gegeben werden.
Schwerpunkte bilden:
- technisch genutzte Mikroorganismen,
- Kulturen pflanzlicher und tierischer Zellen,
- biochemische Grundlagen der Biotechnologie
- Genetik in der Biotechnologie,
- Bioreaktoren,
- Optimierung biotechnologischer Prozesse sowie
- Bioprozesse aus verschiedenen Anwendungsgebieten, wie z. B. pharmazeutische Industrie, Lebensmittelproduktion, Landwirtschaft, chemische Industrie, Metallgewinnung und Umweltbiotechnologie.

Zum letztgenannten Gebiet werden folgende Kapitel behandelt:
Isolation und Selektion von Kulturen, Abwasserreinigung, Luftreinigung, Kohle- und Erdölentschwefelung sowie ökonomische Aspekte.

Neubert

Erfahrungen mit dem Meßfahrzeug Wasserverlustanalyse

Dipl.-Ing. Joachim FISCHER, KDT; Ing. Johannes TUNGER, KDT
Beitrag aus dem VEB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Gera

Bei der Realisierung der Ziele der Wasserwirtschaft bildet die Reduzierung der Wasserverluste eine zentrale Aufgabe.
Technologie und Technik der Wasserverlustanalyse werden im Versorgungsbereich Greiz des VEB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Gera – beginnend mit der Erprobung des ersten Versuchsaufbaues – seit 1984 eingesetzt. Grundsätzliche Ausführungen zum Verfahren selbst und zu den ersten Erprobungsergebnissen enthält /1/.

1. Einsatzvorbereitung

Wichtigste Voraussetzung für einen schwerpunktorientierten Einsatz des Meßfahrzeuges ist eine gründliche Einsatzvorbereitung. Bisher wurde folgende Verfahrensweise für die Ermittlung und Beseitigung von Wasserverlusten erfolgreich angewendet:

1. Unterteilung des Wasserverteilungsnetzes eines Versorgungsgebietes in meßbare Unterversorgungsgebiete (Distriktmessung).
2. Verhinderung von Überläufen an Hochbehältern und Druckunterbrechern.
3. Überprüfung bzw. Realisierung der richtigen Dimensionierung von Meßeinrichtungen.
4. Realisierung einer monatlichen Fördermengenkontrolle und deren Auswertung (Netzbilanzen) mit dem Ziel, auftretende Wasserverluste infolge von Rohrschäden sofort aufzudecken und die Rohrschadenssuche einzuleiten. Dieser Schritt wird durch ein leistungsfähiges PC-Programm (PC 1715) unterstützt.
5. Vorbereitung von festgelegten Meßbezirken für die Wasserverlustmessung innerhalb der Versorgungs- und Untersuchungsgebiete. Dazu wird durch gezielte vorbeugende Instandhaltung die volle Funktionsfähigkeit der Absperrorgane und Hydranten für eine sichere Trennung des jeweiligen Meßbezirkes vom übrigen Versorgungsnetz gewährleistet.
6. Einsatz des Meßfahrzeuges zur Vorortung und mengenbezogenen Einstufung von Leckstellen in den Fällen, die mit alleinigem Einsatz der Distriktwasserzähler nicht eindeutig zu klären sind. Für diese Einsätze im Rohrnetz sind dann die erforderlichen organisatorischen Maßnahmen zur Durchführung der Messung zu treffen. Dies können beispielsweise sein:
   - Abstimmungen mit den örtlichen Organen hinsichtlich evtl. Versorgungseinrichtungen, Verkehrsraumeinschränkungen u. a.,
   - Organisation des Arbeitskräfteeinsatzes bei notwendigen Nachteinsätzen
   - Abstimmungen mit Großverbrauchern im jeweiligen Meßbezirk.

Weiterhin sind bei Komplexeinsätzen Bestanddokumentation und Bestandsstatistik (Datenbank Wasserversorgungsnetze) hinsichtlich Vollständigkeit und Aktualität sorgfältig zu prüfen. Dies ist besonders wichtig bei Ersteinsätzen im jeweiligen Versorgungsgebiet. Eine detaillierte Darstellung der erforderlichen Maßnahmen für den Einsatz des Meßfahrzeuges ist in /2/ enthalten.

2. Einsatz des Meßfahrzeuges

Der bisherige Einsatz des Meßfahrzeuges hat eindeutig gezeigt, daß vorrangig auf eine Nullverbrauchsmessung orientiert werden sollte. Die Arbeit mit Basiswerten als meßbezirkstypische Minimaldurchflußgröße /2/ führt nicht zu eindeutigen Ergebnissen. Daraus resultieren zwangsläufig Einschränkungen zu den möglichen Einsatzzeiten, die zusätzlich zu den verschiedensten territorialen Gegebenheiten Berücksichtigung finden müssen. Eindeutige Nullverbrauchsmessungen sind nach unseren Erfahrungen bei Tagesmessungen nur in kleinen Meßbezirken während der Vormittagsstunden zu erwarten. Daher werden Übersichtsmessungen größerer Meßbezirke in der Regel als Nachtmessung durchgeführt. In den meisten Fällen bleibt dann die Einsatzzeit auf ein Minimum beschränkt.
Als Hauptverursacher auftretender Wasserverluste wurden bei bisherigen Einsätzen ermittelt:

1. Verdeckte Rohrschäden
2. defekte Großwasserzähler

So wurden 1986 bei der Untersuchung von rund 70 km Rohrnetz insgesamt 18 verdeckte Rohrschäden mit Verlustgrößen von 0,3...6,5 m³/h ermittelt.
Außerdem wurden im gleichen Jahr 7 defekte, aber nicht vollständig ausgefallene Meßeinrichtungen festgestellt. Zu allen nachgewiesenen Schäden und Defekten wurde mit Nachmessungen die Wirksamkeit der eingeleiteten Maßnahmen bestätigt.
Die bisherigen Ausführungen beschränkten sich auf den Einsatz von Technologie und Technik der Wasserverlustanalyse zur Ermittlung von Wasserverlusten. Ein weiteres großes Einsatzgebiet des Meßfahrzeuges ist die komplexe Rohrnetzuntersuchung. Die Nutzung der Meßtechnik zur *k*-Wert-Ermittlung von Einzelsträngen sowie zur Messung des Verbrauchsverhaltens ausgewählter Abnehmer seien an dieser Stelle nur erwähnt. Bei derartigen Einsätzen sind die Vorteile des Spezialwoltmannzählers mit einem Meßbereich von 0,12 bis 60 m³/h gegenüber anderen Meßeinrichtungen deutlich spürbar.
Bei allen bisherigen Meßeinsätzen hat sich die gewählte technische Lösung grundsätzlich bewährt. Dies gilt besonders für die Frage der netzunabhängigen Stromversorgung der Meßtechnik, da erfahrungsgemäß nicht die Möglichkeit einer Fremdeinspeisung von Elektroenergie besteht. Die vorhandene Druckerhöhungspumpe wurde nur im Ausnahmefall eingesetzt.
Bewährt hat sich weiterhin die Vorbereitung und Durchführung der Meßeinsätze durch einen festen Bedienungstrupp – bestehend aus einem HF-Kader und einem Facharbeiter. Mit dieser Lösung wird auch bei überregionalen Einsätzen des Meßfahrzeuges eine hohe Effektivität erzielt.
Die Richtigkeit der gewählten Konzeption konnte bereits im November 1985 bei einem Erfahrungsaustausch des ČSVTS in České Budějovice nachgewiesen werden. Ein gleichzeitig durchgeführter Vergleich der technischen Parameter der Meßeinrichtungen unterschiedlicher Hersteller zeigte, daß mit dem vom Forschungszentrum Wassertechnik entwickelten Spezialwoltmannzähler internationales Spitzenniveau erreicht wurde.

3. Auswertung der Messungen

Alle Einsätze des Meßfahrzeuges zur Ermittlung verdeckter Wasserverluste werden unter Beachtung der Forderungen der Datenbank Wasserversorgungsnetze /3/ausgewertet und erfaßt. Entsprechend der in /2/ und /3/ ausgewiesenen Methodik werden die Verluste als normierte Werte in m³/h · km in der Bestandsstatistik erfaßt und gespeichert. Diese Daten dienen der späteren Zustandsbestimmung und zum Nachweis mittlerer gemessener Verluste des Rohrnetzes.
Statistische Auswertungen der bisherigen Messungen sind auf Grund des zur Zeit noch zu geringen Stichprobenumfanges bisher nicht durchgeführt worden.
Durch den gezielten Einsatz der Wasserverlustanalyse konnten anlagenbedingter Verbrauch und Verluste des Versorgungsbereiches Greiz von 0,247 m³/h · km im Jahr 1984 auf 0,216 m³/h km 1987 gesenkt werden.
Bei dem erreichten Ergebnis zeigt sich die zur Zeit verfügbare Leckortungstechnik auf der Basis akustischer Meßverfahren mit einer Grenze der Ortbarkeit von 0,24 m³/h als Schwachpunkt der gesamten Verfahrenskette.

4. Schlußfolgerungen

Der bisher gewählte Weg der komplexen Analyse Wasserförderung und -verbrauch zur weiteren planmäßigen Senkung der Wasserverluste wird konsequent fortgesetzt. Dabei gilt es, die Initiativen der Werktätigen auf die Realisierung folgender Schwerpunktaufgaben zu lenken:

- Umfassender Einsatz der Mikroelektronik in der Prozeßüberwachung und Prozeßführung der wasserwirtschaftlichen Anlagen des Territoriums mit dem Ziel, durch kürzere Reaktionszeiten bei auftretenden Un-

regelmäßigkeiten die Wasserverluste weiter zu senken und auf das technisch bedingte Mindestmaß zurückzuführen.

- Ständige Analyse der Wassernutzung aller Bedarfsträger mit Hilfe von CAD/CAM-Lösungen bei gleichzeitiger Durchsetzung von Maßnahmen zum rationellen Einsatz von Wasser, zur Sicherung der Mehrfachnutzung des Wassers, der Wertstoffrückgewinnung und damit zur Verringerung der Abwasserlast.
- Planmäßige und bedarfsgerechte vorbeugende Instandhaltung und Rekonstruktion von Anlagen und Netzen.

Die bisherigen Ergebnisse und Erfahrungen der Nutzung der Wasserverlustanalyse sind eine gute Grundlage für das Fortsetzen des eingeschlagenen Weges.

Literatur

/1/ *Ernst, Helmut; Rabe, Walter:* Die Entwicklung von Technologie und Technik zur Wasserverlustanalyse. In: Wasserwirtschaft – Wassertechnik, Berlin **35** (1985) 4, S. 91

/2/ Verfahrensdokumentation Wasserverlustanalyse. Forschungszentrum Wassertechnik AS Leipzig, 1985

/3/ Organisationshandbuch Datenbank Wasserwirtschaftliche Anlagen – Teil Wasserversorgungsnetze. 2. überarb. Ausgabe 1987, Institut für Wasserwirtschaft, Berlin

---

(Fortsetzung von Seit 80)

die Proben nur unwesentlich von den unpigmentierten Proben ab. Die ermittelten Dehnungen lagen zwischen 0,2 und 0,3 mm und damit unter dem Grenzwert von 0,5 mm. Die Untersuchungen des Schwindverhaltens ergaben bezüglich der untersuchten Farbpigmente Differenzierungen. Selbst bei einem 10%igen Pigmentzusatz liegen diese jedoch in einem Bereich, der die Einhaltung des Grenzwertes von 0,8 mm für Portlandzement mit ausreichender Sicherheit gewährleistet.
Zwischen den Versuchspigmenten und dem handelsüblichen Pigment sind hinsichtlich der festigkeitsmindernden Wirkung keine statistisch gesicherten Unterschiede nachweisbar. Dem Druckfestigkeitsverlust kann – sofern dies erforderlich ist – durch entsprechende Gestaltung der Mischrezeptur entgegengewirkt werden.

(Fortsetzung von Seite 81)

- Istzustandsanalyse der aktuellen und potentiellen Kontaminationsquellen
- objektbezogene (fassungsbezogene) GBK, GGK und GW-Kontaminationsgefährdungsklasse (GKGK) für alle betriebenen und projektierten Wasserfassungsanlagen
- kartenmäßige Dokumentation der GBK, GGK und GKGK für Meßstellen und Wasserfassungen.

Literatur

/1/ *Herrmann, L.* u. a.: Grundwasserüberwachung – Methodik, Verfahren und Gerätetechnik, Ministerium für Umweltschutz und Wasserwirtschaft, Berlin, August 1985

/2/ *Herrmann, L.; Eyrich, A.; Jelke, Ch.; Köpke, U.; Müller, G.:* Methodik der Grundwasser-Gefährdungsanalyse; Institut für Wasserwirtschaft in der WWD Berlin, Berlin, Juni 1987

Durchsetzung der rationellen Wasserverwendung im VEB Rindermast Ferdinandshof bei Anwendung der Grundlinie des VEB WAB Neubrandenburg für die Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser (Führungsbeispiel)

Ursula KANNENGIESSER, KDT; Siegfried PECKER
Beitrag aus dem VEB WAB Neubrandenburg und dem VEB Rindermast Ferdinandshof

1. Allgemeines

Ferdinandshof, eine Gemeinde mit 4370 Einwohnern, liegt im Kreis Ueckermünde, dem nordöstlichsten Kreis des Bezirkes Neubrandenburg.
Die günstige Lage bezüglich der natürlichen Bedingungen für die Grobfutterbereitstellung am Rande der Friedländer Großen Wiese gab den Ausschlag für die Errichtung des Betriebes VEB Rindermast Ferdinandshof, dem ersten Betrieb der DDR mit industriemäßiger Tierproduktion. Der Betrieb gehört zum VE Kombinat Industrielle Tierproduktion Berlin und ging 1966 mit der Aufgabe in Produktion, den steigenden Bedarf an Rindfleisch und Rindfleischprodukten abzusichern und gleichzeitig verallgemeinerungswürdige Erfahrungen auf dem Gebiet der industriemäßigen Rindermast zu schaffen. Später kam als weitere Aufgabe hinzu, den Export von Schlachtbullen in hoher Qualität abzusichern. Der VEB Rindermast Ferdinandshof mit einem durchschnittlichen Tierbestand von über 31000 Mastrindern fungiert als Leitbetrieb der Rindermastbetriebe innerhalb des Kombinates Industrielle Tierproduktion.

2. Wasserversorgung im Territorium im Sinne des Neubrandenburger Führungsbeispiels

Die Wasserversorgung des Betriebes erfolgte in den ersten Jahren nach Inbetriebnahme zusätzlich aus einer Eigenwasserversorgungsanlage, 1971 übernahm der VEB WAB die gesamte Wasserversorgung.
Bei der langfristigen territorialen Trinkwasserkonzeption für den Raum Ferdinandshof wurde davon ausgegangen, alle Trinkwasserversorgungsanlagen der ländlichen Gemeinden, unabhängig von der Rechtsträgerschaft wasserwirtschaftlicher Grundfonds, in den umfassenden Intensivierungsprozeß einzubeziehen.
Dabei übernahm der VEB WAB seine Verantwortung gegenüber der Bevölkerung und der Landwirtschaft als öffentlicher Versorgungsträger mit den größten Erfahrungen und Kompetenzen bei Fragen der Wasserversorgung im Territorium und verwirklichte so die Aufgaben der Wasserwirtschaft im Rahmen der Kommunalpolitik. Das entspricht der Grundlinie des VEB WAB Neubrandenburg für die Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser als Führungsbeispiel der Republik.

Für 1989 hat der VEB WAB Intensivierungsinvestitionen zur Stabilisierung der Gruppenwasserversorgung vorgesehen. Diese Intensivierungsmaßnahmen werden als Gemeinschaftsinvestition zwischen dem VEB WAB Neubrandenburg, der Molkerei Ferdinandshof und dem VEB(Z) Tierzucht Ferdinandshof durchgeführt. Gegenwärtig beziehen die Molkerei und VEB(Z) Tierzucht ihr Wasser aus Eigenwasserversorgungsanlagen, die kein qualitätsgerechtes Trinkwasser gewährleisten können. Beide Betriebe benötigen aber für ihre Produktion Wasser mit Trinkwasserqualität. Mit Realisierung der Intensivierungsinvestitionen ist eine stabile und qualitätsgerechte Versorgung der Bevölkerung und der Betriebe gegeben. Damit wird gleichzeitig ein bedeutsamer volkswirtschaftlicher Effekt erzielt, der einmal darin besteht, daß durch die Gemeinschaftsinvestition mehrere 100 TM Investitionen eingespart werden und andererseits den Vorteil bringt, daß nur ein Betrieb im Territorium Trinkwasser produziert. Unter Regie des VEB WAB Neubrandenburg können die Probleme der optimalen Ausschöpfung wasserwirtschaftlicher Grundfonds und Reserven sowie Fragen des Trinkwasserschutzes, der Trinkwassergütekontrolle und der rationellen Wasserverwendung komplex gelöst werden.

3. Rationelle Wasserverwendung im VEB Rindermast Ferdinandshof

An die Gruppenwasserversorgung Ferdinandshof sind 10 Orte mit insgesamt 5924 Einwohnern angeschlossen. Drei Wasserwerke (WW Ferdinandshof KIM, WW Ferdinandshof Dorf, WW Friedrichshagen) mit einer Gesamtkapazität Q_1 von 4055 m³/d und Q_7 von 3885 m³/d stellen das Wasser bereit.
Die Wasserwerkskapazität wurde in der Vergangenheit in Spitzenzeiten überschritten und es kam zu Beeinträchtigungen in der druckgerechten Trinkwasserversorgung für einige Bewohner. Der Versuch des VEB Rindermast Ferdinandshof, über eine Eigenwasserversorgung eine Reduzierung des Trinkwasserbedarfs aus dem zentralen Netz zu bewirken, war wegen nicht TGL-gerechter Grundwasserbeschaffenheit nicht praktikabel. In begrenztem Umfang wird dieses Wasser für die Gülleaufbereitung genutzt.
Aus dieser Situation heraus trug und trägt der

Tabelle 1 Entwicklung von Warenproduktion und Wassereinsatz

Jahr	Warenproduktion t	Tierbestand Stück	Wasserverbrauch m^3	spez. Wasserverbrauch m^3/d	l/Tier d
1980	10 072	29 662	413 025	41,0	38,1
1985	11 020	30 068	297 001	26,9	27,1
1986	11 372	29 812	301 994	26,6	27,8
1987	11 449	31 599	291 015	25,4	25,2
1990 (Plan)	11 500	30 050	302 000	26,3	27,5

Tabelle 2 Zusammenhang TS-Gehalt – Güllemenge

Jahr	Gülleanfall gesamt m^3	Gülleanfall kg/Tier	TS-Gehalt Kalb TGL %	TS-Gehalt Kalb Ist %	TS-Gehalt Mast TGL %	TS-Gehalt Mast Ist %	Gesamtdurchschnitt %
1980	341 193	32,5	5,6	6,5	7,8	7,5	7,2
1985	242 601	22,1	5,6	6,7	7,8	8,3	7,96
1986	246 748	22,7	5,6	6,7	7,8	8,4	8,07
1987	247 122	21,4	5,6	7,0	7,8	8,47	8,15
1990	245 000	22,3	5,6	7,3	7,8	8,5	8,2

Betrieb mit der Durchsetzung wassersparender Maßnahmen in seinen Anlagen zur Entlastung der Gruppenwasserversorgung Ferdinandshof und damit zur stabilen Versorgung der Bevölkerung bei.
Die Entwicklung des VEB Rindermast, bezogen auf die Produktion und den Wassereinsatz, wird in Tabelle 1 dargestellt.
Der absolute Wasserverbrauch konnte in den Jahren zwischen 1985/1980 um 116024 m^3, das sind 28,1 %, gesenkt werden. Die in der Tabelle angegebenen Wasserverbrauchswerte in l/Tier × d ergeben sich aus den Wasserverbrauchsarten Tränkwasser, Wasser für den Sozialbereich, den Wasserverbrauch für laufende Stallreinigung und Serviceperiode sowie den Wasserverbrauch für Güllepumpen. Dieser Wasserverbrauchswert konnte im VEB Rindermast Ferdinandshof von täglich 38,1 l/Tier im Jahr 1980 auf 25,2 l/Tier im Jahr 1987 gesenkt werden, und zwar durch Reduzierung des Wasserverbrauchs im Sozialbereich, für die laufende Stallreinigung und Serviceperiode sowie für Güllepumpen.
Mit der Durchsetzung dieser Maßnahmen der rationellen Wasserverwendung ist der VEB Rindermast Ferdinandshof vergleichbaren Betrieben des Kombinates Vorbild.
Wie konnten diese beispielgebenden Ergebnisse erreicht werden?

- Voraussetzung für die guten Ergebnisse auf dem Gebiet der rationellen Wasserverwendung ist die Identifizierung der Betriebsleitung mit den Aufgaben der rationellen Wasserverwendung. Eine Kommission „Rationelle Wasserverwendung" koordiniert alle Probleme der Wasserverwendung und Abwasserverwertung. Der Wasserbeauftragte ist Mitglied dieser Kommission.
- Weitere wichtige Bedingungen zur gezielten Senkung des Wassereinsatzes war der Einbau von Wasserzählern. Drei Hauptwasserzähler und 19 Wasserzähler für Untermessungen zur detaillierten Ermittlung des Wasserverbrauchs gewährleisten eine exakte Abrechnung. Mehrmalige durchgängige Verbrauchsanalysen über eine Woche in der Aufzucht- und Mastanlage mit stündlichen Ablesungen waren Grundlage für den Wettbewerb.
- Durch die konsequente Durchsetzung nachstehender einfacher Maßnahmen wurden erhebliche Reserven zur Reduzierung des Wasserverbrauchs und damit auch des Gülleanfalls erschlossen:
  - Senkung der Wasserverluste durch Kontrollen der Versorgungsleitungen, insbesondere der Selbsttränken, durch die Zootechniker sowie kurzfristige Beseitigung von Defekten.
  - Reduzierung des Wassereinsatzes bei der Reinigung der Stallgänge durch Erhöhung des Anteils Trockenreinigung.
  - Verwendung von Zusatzwasser nur in der unbedingt notwendigen Menge an Güllepumpen zur Beseitigung von Schwimmdecken und damit zur Sicherung der Förderleistung.
  - Vermeidung von unkontrollierbarem Wasserabfluß durch Sicherung der Funktionstüchtigkeit der Arbeitsmittel, Absperren des Wasserzulaufs bei Arbeitsunterbrechungen.
  - Sicherung der planmäßigen und kontinuierlichen Gülleabnahme durch den Pflanzenproduktionsbetrieb als Grundlage für das Erreichen normaler Güllestände in den Güllekanälen der Ställe sowie der damit verbundenen Reduzierung des Wassereinsatzes.
- Die Senkung des Wasserverbrauchs und damit des Gülleanfalls wurde fester Bestandteil der Wettbewerbsführung zur Erhöhung der Materialökonomie und Senkung des Aufwandes. Bedeutung, Weg und Ziel zur Reduzierung des Wasserverbrauchs wurde den Werktätigen in den Kollektiven erläutert. Gemessen am Monatsverbrauch des Vorjahres wurde die Reduzierung des Wassereinsatzes mit 0,25 M/m^3 Wasser aus den Prämienfonds des Betriebes bzw. den Mitteln für Materialeinsparung stimuliert.

Zur rationellen Wasserverwendung gehört nicht nur die Durchsetzung wassersparender Maßnahmen, sondern auch die ordnungsgemäße Abwasserbehandlung bzw. Abwasserverwertung. Die in den Tierproduktionsanlagen anfallende Gülle muß auf einer begrenzt zur Verfügung stehenden Verwertungsfläche unter Einhaltung der TGL-Grenzwerte so ausgebracht werden, daß nachteilige Auswirkungen auf die Gewässer vermieden und ein höchster pflanzenwirksamer Nährstoffeintrag gewährleistet werden.
Obwohl die Ausbringung der Gülle im Verantwortungsbereich des VEB(P) Ferdinandshof liegt, verschließt sich der VEB Rindermast als Verursacher nicht dem Problem und trug selbst mit einigen Maßnahmen zur Verbesserung der Situation bei, so z. B. durch:

1. Erhöhung des Trockensubstanzgehaltes und damit Verringerung der Güllemenge. In Tabelle 2 wird diese Entwicklung dokumentiert.
2. Erhöhung der Güllespeicherkapazität um
   - 3 Betonrechteckbecken à 7 500 m^3 = 22 500 m^3 Speicherkapazität
   - 2 Gülleerdbecken mit insgesamt 88 000 m^3 Speicherkapazität

Damit ist eine wesentlich bessere Überbrückung der von Pflanzenbau und Witterung bedingten Nichtanwendungszeitspannen geschaffen worden.
Für seine guten Ergebnisse auf dem Gebiet der rationellen Wasserverwendung konnte der VEB Rindermast Ferdinandshof 1984 durch das Ministerium für Umweltschutz und Wasserwirtschaft mit einer Urkunde ausgezeichnet werden. Für 1989 ist die Verteidigung des Titels vorgesehen.
Welche wichtigen Aufgaben sind in den nächsten Jahren zu realisieren, damit die rationelle Wasserverwendung weiterhin konsequent durchgesetzt wird?
– Die erreichten Ergebnisse bei der Senkung des Wasserverbrauchs sind zu stabilisieren.
– Zur übersichtlichen Darstellung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse ist eine wasserwirtschaftliche Prozeßanalyse durchzuführen. Durch den VEB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Neubrandenburg wird bei der Ausarbeitung Unterstützung gegeben. Die Prozeßanalyse soll u. a. Reserven für weitere wassersparende Maßnahmen aufzeigen.
– Als Leitbetrieb der Rindermastbetriebe des VE Kombinats Industrielle Tierproduktion Berlin übernimmt der VEB Rindermast Ferdinandshof die Aufgabe als Konsultationspartner auf dem Gebiet der rationellen Wasserverwendung.

J. D. van der Tuin

Dictionary of water and hyraulic engineering

English – French – Spanish – Dutch – German

Elsevier science Publishers, Amsterdam 1987
449 S., 5117 Stichwörter

Thematisch lassen sich die aufgenommenen Begriffe den Bereichen Wasserbau und Wasserbewirtschaftung zuordnen, sie erläutern aber auch kennzeichnende Eigenschaften des Elements Wasser sowie Fachwörter aus der Wasseranalytik. In fünf Sprachen (englisch, französisch, spanisch, holländisch, deutsch) werden die jeweiligen Entsprechungen von 5117 numerierten englischen Schlüsselwörtern angegeben. Im Gegensatz zu den meisten Fachwörterbüchern enthält der Band neben den Substantiven auch Verben und Adjektive. Damit wird ein gewisser Abschluß des Themas in sich erreicht.
Darin liegt ein Vorteil dieses Buches, das sich daneben aber durch die Sorgfältigkeit und Präzision der Wiedergabe sprachlicher Details auszeichnet: Andere, mit modernster Drucktechnik hergestellte Glossarien verzichten oft auf die Wiedergabe von Akzenten und Zeichen, die aber beispielsweise im französischen „cote", „côte" und „côté" erst unterscheidbar machen. Problematisch ist die Angabe von zwei oder mehreren Äquivalenten, deren Bedeutungen sich in Feinheiten dennoch unterscheiden. Hier wird dem Nutzer einige Erfahrung im Fachgebiet abverlangt.
Insgesamt sind die häufig verwendeten Fachwörter der genannten Gebiete praktisch komplett wiedergegeben, so daß das Wörterbuch sowohl dem Übersetzer als auch dem Originalliteratur auswertenden Fachwissenschaftler eine wirksame Hilfe sein kann.

A. E.

Reinigung von Abwässern aus Konservenbetrieben zum Zweck der Wiederverwendung

Dr.-Ing. Method ROGATSCHKI, VR Bulgarien

Situation

In den Konservenbetrieben entsteht das Abwasser bei verschiedenen technologischen Operationen – Reinigen der Fußböden, der Konservengläser, Flaschen und anderer Gefäße, der Lagerplätze, der Maschinen und Anlagen, dem Waschen von Obst und Gemüse. Die Abwässer von Konservenbetrieben verändern sich zudem nach Menge und Zusammensetzung in Abhängigkeit von den zu verarbeitenden Rohstoffen innerhalb der Saison. Das zu den genannten Zwecken verwendete Wasser muß keine Trinkwasserqualität haben, bis zu einem bestimmten Grad läßt sich gereinigtes Abwasser nutzen.

Die in verschiedenen Ländern durchgeführten Forschungen zeigen, daß bei der Verarbeitung ein und derselben Rohstoffe die spezifische Abwassermenge zwischen 0,4 und 54 m^3/t Produktion schwanken können /1/. In Bulgarien wurden die Abwässer von fünf Konservenbetrieben untersucht, deren physikalisch-chemische Zusammensetzung nach der mechanischen Reinigung Tabelle 1 zu entnehmen ist.

Es wird deutlich, daß in einigen mechanischen Abwasserbehandlungsanlagen nur ein niedriger Reinigungseffekt erreicht wird. Diese Anlagen (Stambolieski, Pervomaj) sind offensichtlich überlastet. In anderen wird der notwendige Reinigungseffekt erzielt (Pasardschik und Debelez). Die aufgeführte physikalisch-chemische Zusammensetzung der mechanisch gereinigten Abwässer ist ein Mittelwert für die Untersuchungsperiode. In einzelnen Fällen ergeben sich zeitweise höhere Werte.

Qualitätsforderungen

Da in den Konservenbetrieben große Wassermengen verbraucht werden, wird verstärkt auf die Wiederverwendung der gereinigten Abwässer orientiert. Bei der Wiederverwendung gereinigter Abwässer von Konservenbetrieben werden in den USA z. B. folgende Forderungen an die Qualität des wiederverwendeten Wassers (mg/l) gstellt:
Säuregehalt (H_2SO_4) = 0; Alkaligehalt $\leqq$ 250; Härtegrad ($CaCO_3$) $\leqq$ 250; Kalzium $\leqq$ 100; Chloride $\leqq$ 250; Sulfate $\leqq$ 250;
Eisen, Mangan $\leqq$ je 0,2; Fluor $\leqq$ 1; Phenol = 0; Nitrate $\leqq$ 10; Nitrite = 0
gelöste Stoffe $\leqq$ 500; Schwebstoffe $\leqq$ 10. Das Produktionswasser muß einen *p*H-Wert von 6,5 bis 8,5 haben, durchsichtig, farb- und geruchslos sein /2/. Außerdem ist es vor der Wiederverwendung mit etwa 3 mg/l zu chlorieren, um die Entwicklung anaerober Mikroorganismen und die Faulung zu verhindern.

Reinigungsverfahren

In der Literatur sind verschiedene Verfahren für die Reinigung von Abwässern aus Konservenbetrieben beschrieben, die der Einleitung in die städtische Kanalisation oder in die Vorfluter vorausgehen. Nicht angegeben sind Technologien zur Reinigung dieser Abwässer mit dem Ziel ihrer Wiederverwendung. Zur mechanischen Reinigung dienen am häufigsten Rechen, Siebe, Sandfänge und Absetzbecken sowie – bei der Produktion von Fleischkonserven – Fettabscheider. Bei der Einleitung der Abwässer in die Vorfluter sichern die verschiedenen Anlagen für die physikalisch-chemische oder biochemische Reinigung den notwendigen Reinigungseffekt.

Für das Angebot passender Technologien zur Behandlung der mechanisch gereinigten Abwässer wurden Forschungen im Labormaßstab und als halbtechnische Versuche durchgeführt. Für die Laborversuche dienten Abwässer der Konservenbetriebe in Pasardschik und Stambolieski, und für die halbtechnischen Versuche Abwässer des Konservenkombinats in der Stadt Debelez. Während dieser Versuche war bisweilen die biologische Substanz nicht in ausreichender Menge vorhanden und mußte nachträglich ergänzt werden, damit das Verhältnis BSB_5:N:P = 100:5:1 erreicht wurde.
Während der Tests zur biochemischen Reinigung der Abwässer von Konservenbetrieben wurden periodisch mikroskopische Beobachtungen durchgeführt. Die im Aktivschlamm fast über die gesamte Zeit vorherrschenden Mikroorganismen waren *Zooglea ramigera, Vorticella, Opercularia glomerata.*
Bei der Untersuchung der Biofilme wurden zwei Biofilter mikroskopisch beobachtet. Der biologische Film bildete sich in verhältnismäßig kurzer Zeit. Die mikroskopische Analyse zeigte das Vorhandensein einer großen Menge von freien Bakterien, Zoogloea, teilweise Flagellaten und Algenzellen, die sich bei Lichteinstrahlung entwickeln. Im Schlamm, der am Boden der Biofilter anfällt, wurde eine noch größere Vielfalt der Organismenarten beobachtet. Daneben wurden Forschungen mit gechlorten gereinigten Abwässern zur Colititer-Bestimmung durchgeführt, ermittelt wurde ein Colititer > 100.

Verfahrensvariante 1

Zwei Technologien für die Behandlung der mechanisch gereinigten Abwässer wurden vorgeschlagen. Die erste Technologie sieht folgende Reinigungsanlagen vor:
Belüftungsbecken, Nachklärbecken, Sandfilter, Schlammeindicker, offenes Schlammfaulbecken, Schlammtrockenbeete. Außerdem wird eine Reagentienwirtschaft für die Biosubstanz vorgesehen. Vorgesehen wird ein Raum für eine Chloranlage zum Chloren der gereinigten Abwässer und ein Kontaktreservoir. Bestimmt wurden die erforderlichen Parameter für die Bemessung der einzelnen Anlagen:

- hydraul. Beanspruchung 1,60...5,50 m^3/m^2 d
- org. Belastung 0,26...0,95 kg $BSB_5/m^3 \cdot d$
- Belastung des Aktivschlamms 0,35 kg $BSB_5/kg \cdot d$
- zugeführte Luftmenge 80 m^3/kg BSB_5
- Belüftungszeit 6 Stunden
- Rezirkulation des Aktivschlamms 80...100 %.

Die Nachklärbecken müssen für eine Aufenthaltszeit von zwei Stunden bemessen werden. Der Wassergehalt des Überschußschlammes betrug 99,4...99,6 %. Nach Passieren des Schlammeindickers verringert er sich auf 98 %. Das offene Faulbecken muß für

Tabelle 1 Physikalisch-chemische Zusammensetzung der mechanisch gereinigten Abwässer einiger Konservenfabriken (Angaben in mg/l)

Kennziffer	Konservenfabriken in den Städten				
	Pervo-Mai	Pasard-schik	Stambo-lieski	Stara-Sagora	Debelez V. Tyrnov.
CSV	1 650	550	1 290	830	275
BSB_5	960	270	785	410	145
Schwebstoffe	495	10	400	250	130
organisch	350	7	230	175	110
anorganisch	145	3	170	75	20
Gesamt-trockensubstanz	1 555	690	1 440	710	520
organisch	1 215	385	855	425	385
anorganisch	340	305	585	285	135
Gesamtphosphor	12,7	6,0	1,9	4,5	3,5
Phosphate	10,0	2,1	1,1	2,2	1,8
Amm. Stickst.	5,7	2,2	1,3	0,9	4,7
Gesamtstickstoff	7,2	5,1	14,0	6,2	7,5
mit Ester extrahierte Stoffe	40,0	10,0	35,0	20,0	15,0

diesen Wassergehalt und diese Menge in Abhängigkeit von dem konkreten Fall berechnet werden. Der vorgeschlagene Sandfilter hat eine Sandhöhe von $h = 100$ cm, $k = 1{,}89$ und $d_{eff} = 1{,}20$.
Es wird eine Filtergeschwindigkeit von 5 m/h empfohlen, eine Dauer des Filterzyklus von 24 Stunden, eine Spülintensität von 15 l/ s · m².

Die übrigen Anlagen (Raum für die Chloranlage, Kontaktreservoir, Reagentienwirtschaft für die Biosubstanz u. a.) müssen den üblichen Anforderungen entsprechen. Bei der Chlorung muß eine Dosis von 3 mg/l Chlor gesichert werden. Die technisch-ökonomischen Untersuchungen hatten zum Ergebnis, daß bei der Reinigung von weniger als 500 m³/d die Schlammbehandlung ökonomisch nicht sinnvoll ist. In diesen Fällen wird der Überschußschlamm zusammen mit der Restmenge der mechanisch gereinigten Abwässer zweckmäßiger in die städtische Kanalisation eingeleitet.

Verfahrensvariante 2

Die zweite Technologie zur Behandlung der mechanisch gereinigten Abwässer sieht folgende Anlagen vor: Biofilter mit einer Füllung aus Plasteblöcken als erste Stufe, Biofilter mit Mineralfüllung als zweite Stufe, Nachklärbekken, Sandfilter, Schlammeindicker, offenes Faulbecken, Schlammplätze, Reagentienwirtschaft für die Biosubstanz, Chloranlage, Kontaktreservoir.

Die Kunststoffblöcke, mit denen der Biofilter der ersten Stufe UPP-160 gefüllt war, hatten eine Porosität von 98,2 %, ein Gewicht von 25 kg/m³ und eine spezifische Oberfläche von 160 m²/m³. Die Füllung aus Plasteblöcken ist 3,50 m hoch. Die auf experimentellem Wege ermittelten Parameter für den Biofilter sind folgende:
- hydraul. Beanspruchung 10,6 m³/m² · d
- Oxidationsleistung 1,45 kg BSB_5/m³ · d.
- Oxidationsleistung 3,5 kg BSB_5/m³ · d.

Der mittlere Zuwachs der Biomasse erreicht 7 % der Menge von BSB_5. Der Wassergehalt des aus den Nachklärbecken erhaltenen Schlammes beträgt 99,2...99,5 %.

Die Mineralfüllung im Biofilter der zweiten Stufe hat eine Korngröße von 40...60 mm bei einer Höhe von 3,50 m. Für den Biofilter der zweiten Stufe mit Mineralfüllung sind folgende Parameter berechnet worden:
- hydraul. Beanspruchung 10,6 m³/m² · d
- org. Belastung 0,55 kg BSB_5/m³ · d
- Oxidationsleistung 1,45 kg BSB_5/m³ · d.

Der mittlere Zuwachs der Biomasse beträgt 6 % der Menge von BSB_5, der Wassergehalt des Schlammes aus den Nachklärbecken 99,1...99,5 %.

Computergestützte Zustandsanalyse der Wasserversorgung der Stadt Meißen

Dr.-Ing. Achim RICHTER, KDT; Dipl.-Ing. Andreas BÖHM, KDT;
Dipl.-Ing. Jörg MENTZEL, KDT; Dipl.-Ing. Johannes HÄUSSLER, KDT
Beitrag aus der Bauakademie der DDR,
Institut für Ingenieur- und Tiefbau und dem VEB WAB Dresden

Infolge der Verlagerung des Wohnungsbaus in innerstädtische Bereiche ist neben dem Neubau von Wasserversorgungsnetzen vor allem eine Tendenz zur intensiven Nutzung bestehender Wasserversorgungsnetze zu verzeichnen. Für das Bauwesen ergeben sich daraus erhöhte Anforderungen an das Niveau der Planung, der Projektierung und Ausführung von Wasserversorgungsnetzen. Ausgehend von dem hohen volkswirtschaftlichen Anlagevermögen sind die vorhandenen und weiter nutzbaren Netze und Anlagen der Wasserversorgung unbedingt zu erhalten. Ihre Gebrauchseigenschaften sind wiederherzustellen, um die steigenden Anforderungen an die Wasserversorgung zu gewährleisten.
Um langfristige bzw. spezifische Angaben zu Leistungsfähigkeit und Grenzen des jeweiligen Wasserversorgungsnetzes machen zu können, ist eine exakte Rohrzustandsanalyse erforderlich. In der Zustandsanalyse des Rohrnetzes werden Aussagen zum Verschleiß (z. B. Rohrbruchhäufigkeit, Rohrbruchquotient) sowie zur hydraulischen Leistungsfähigkeit (z. B. vorhandener Versorgungsdruck) gemacht. Diese Aussagen wiederum sind Grundlage für Maßnahmen der Netzrekonstruktion, -erweiterung oder für Strukturänderungen im Netz. Im folgenden wird besonders auf die Ermittlung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Wasserversorgungsnetzes der Stadt Meißen eingegangen.
Ziel der Untersuchungen war es, die Druckmangelgebiete herauszuarbeiten und den vorhandenen Versorgungsdruck am jeweiligen Knotenpunkt anzugeben.

Netzstruktur

Das Wasserversorgungsnetz der Stadt Meißen entspricht von seiner Struktur her einem vermaschten Rohrnetz. Durch das Schließen der Schieber an der Brücke der DSF und an der Eisenbahnbrücke entstanden 2 voneinander unabhängige Teilversorgungsgebiete, die Teilnetze „Meißen rechts" und „Meißen links" (Bild 1). Mehrere Wasserwerke fördern in das gesamte Netz. Beide Teilversorgungsgebiete, deren Versorgungsdruck durch Behälter bzw. Hydrophoranlagen stabilisiert wird, gliedern sich durch weitere Schieberschließungen in jeweils 4 Versorgungsgebiete. In beiden Versorgungsgebieten treten in den Verbrauchsspitzenzeiten Druckmangelerscheinungen auf, so daß die Versorgung nicht durchgängig aus dem Netz gesichert werden kann. Charakteristisch für das Wasserversorgungsnetz ist, daß etwa 90 % des Leitungsbestandes seit rund 90 Jahren in Betrieb sind. Auf Grund der Altersstruktur ist mit hohen Rauhigkeitsbeiwerten zu rechnen.

Berechnungsmethoden

Für die hydraulischen Berechnungen von Wasserversorgungsnetzen existieren eine Reihe von Verfahren und Methoden /1/, die vorwiegend als Iterationsverfahren von Hand oder computergestützt ausführbar sind. Die Mehrzahl der in der Praxis verwendeten Verfahren berechnen, unter Nutzung der EDV bei

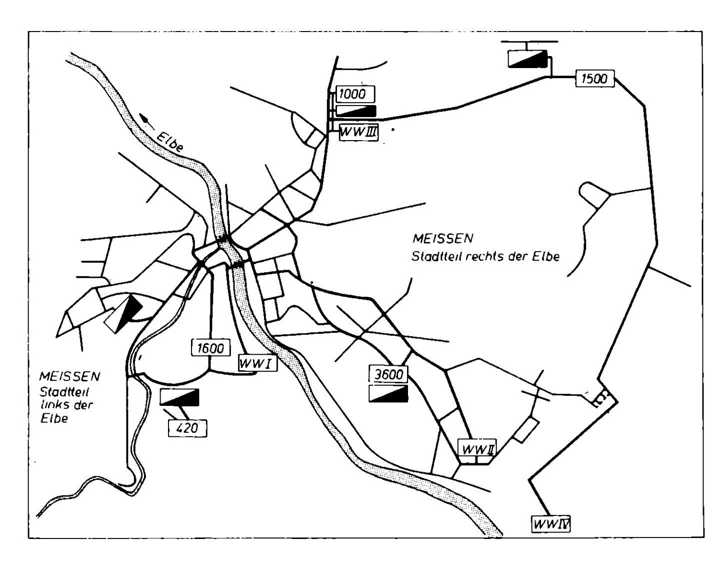


Bild 1
Übersichtsplan Wasserversorgungsnetz Meißen

Tabelle 1: Übersicht über Rohrlängen und Altersstruktur der Leitungen eines ausgewählten Versorgungsgebietes

Rohrmaterial	DN mm	verlegte Rohrlängen in m	Verlegealter in Jahren
GG	25	315	≈90
GG	50	165	≈90
GG	80	10 940	≈90
GG	100	14 405	≈90
GG	125	6 430	≈90
GG	150	350	≈90
GG	200	2 545	≈90
GG	250	4 365	≈90
GG	275	585	≈90
GG	300	1 810	≈90
GG	350	230	≈90
GG	400	1 840	≈90
St	50	365	Keine Angaben
St	80	260	Keine Angaben
St	100	840	Keine Angaben
St	150	690	Keine Angaben
St	200	595	12
AZ	150	380	17
AZ	200	405	27
AZ	350	215	27
PVC	100	450	2
PVC	150	200	12
PVC	200	210	12

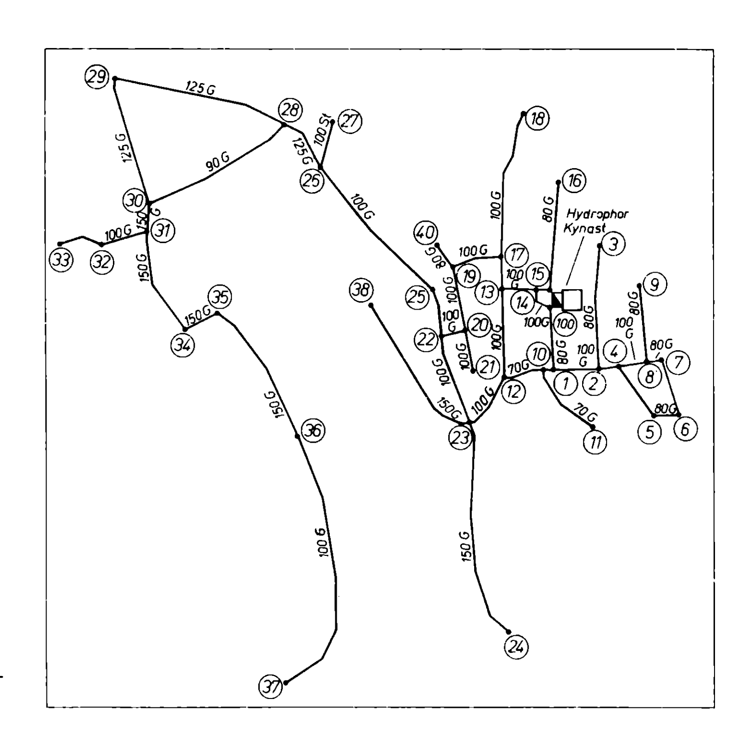


Bild 2 Übersichtsplan Versorgungsgebiet Meißen links

Erfüllung der Kontinuitätsbeziehung in allen Knoten, zunächst die Druck- und Fließzustände mit angenommenen Durchflußwerten, um diese später aus den verbleibenden Rest-Druckhöhen zu korrigieren. Bis die vorgegebenen Genauigkeitsschranken erreicht sind, werden oft viele Iterationsschritte erforderlich. Die Durchflußverteilung im Netz ergibt dann die Knotendruckhöhen.

Eine rechenzeitsparende Methode einschließlich Bürocomputer-Programm wird in /2/ vorgestellt. Fachliche Grundlage der hydraulischen Berechnungen des stationären Fließzustandes bilden die Strömungsgleichung von *Prandtl/Colebrook* und das Widerstandsgesetz von *Darcy/Weisbach*. Hierbei erfolgt die Rohrnetzberechnung in Form der knotenorientierten Simultan-Approximation mit modifiziertem Newton-Raphson-Verfahren und der Methode der Widerstands- oder Leitwertlinearisierung, deren Kombination die Beschleunigung der Konvergenz des Verfahrens ergibt.

Die letztgenannte Methode wurde bei der Berechnung des Wasserversorgungsnetzes der Stadt Meißen angewandt, dazu wurde ein entsprechendes Programm /3/ vom VEB Projektierung Wasserwirtschaft Halle übernommen. Es besteht aus 2 separat nutzbaren Teilen, die auch gemeinsam genutzt werden können, d. h., die Ergebnisse des Teiles „Wasserbedarfsermittlung" sind auch im Teil „Hydraulische Berechnung vermaschter Wasserverteilungssysteme" nutzbar. Beide Programme wurden in FORTRAN geschrieben und arbeiten im Betriebssystem CPA. Die Eingabe zur „Wasserbedarfsermittlung" erfolgt im Dialog, wobei Knotenpunkte, Bedarfskategorie und die Anzahl der Einwohner einzugeben sind. Für den Teil „Hydraulische Berechnung" wird über eine WORDSTAR-Datei eine Schablone mit Knotenpunkt-, Kreiselpumpen- und Behälterdaten gefüllt. Dateien können auf beliebigen Laufwerken abgespeichert werden.

Die Programme waren für den Nutzer gut verständlich und problemlos nutzbar. Sie enthalten eine Kontrolle auf logische Fehler (z. B. Fehler in der Netzverknüpfung). Insgesamt können je 128 Knotenpunkte und 128 Leitungen in beiden Programmen bearbeitet werden. Beide Programme sind Bestandteil der CAD-Lösung Trinkwassernetze.

Datenerfassung und -aufbereitung

Infolge der Kapazitätsbeschränkung der Bürocomputer-Programme machte sich für einige Versorgungsgebiete eine Netzvereinfachung notwendig. Bei der Reduzierung der Anzahl Knoten und Leitungen wurde grundsätzlich davon ausgegangen, daß Hauptleitungen sowie Leitungen und Knoten mit angeschlossenen Großabnehmern erhalten bleiben müssen. Zunächst wurden Stichleitungen, dann Nebenleitungen substituiert. Die Substitution geschah in der Form, daß sämtliche Verbraucher dem nächstliegenden Knoten zugeordnet wurden. Die Simulation des Versorgungsdruckes nach TGL 22 769/03 wurde hierbei für alle Verbraucher unter Berücksichtigung der geodätischen Höhe und der zu erwartenden Verluste am neuen Knotenpunkt vorgenommen.

Die Datenerfassung und -aufbereitung erfolgten für jedes Versorgungsgebiet separat. Ausgehend von den Übersichtsplänen (M 1:5000) und den dazugehörigen Detailplänen (M 1:2000) des VEB WAB wurden die einzelnen Versorgungsgebiete auf Arbeitszeichnungen unter Angabe von

- Nennweite
- Materialbedarf
- Lage von Einzelverbrauchern und
- Bauwerken (z. B. Hydrophorstationen, Hochbehälter, Pump- und Wasserwerke)

dargestellt (Bild 2). Zur Ergänzung dieser Arbeiten erfolgten eine Reihe von Konsultationen mit dem VEB WAB, vor allem zu Fragen der Leitungsführung. Die Anordnung der Knoten wurde an Kreuzungspunkten, bei Nennweiten- und Materialwechsel, Richtungsänderungen usw. vorgenommen, sie erfolgten gemäß den Prämissen, die sich aus den hydraulischen Gesetzmäßigkeiten hinsichtlich Fließgeschwindigkeit und Druckabfall ergeben. Anschließend erfolgte die Ermittlung der Leitungslängen und der geodätischen Höhen an exponierten Knotenpunkten. Letzteres geschah unter Hinzuziehung des VEB Geodäsie Meißen. In dieser Bearbeitungsphase mußten Angaben zu

- Anzahl und Ort der angeschlossenen Einwohner,
- sanitärtechnischem Ausstattungsgrad,
- Pumpenkennlinien und -schaltdrücken,
- angeschlossenen Groß-, Mittel- und Kleinabnehmern aus Industrie, Handel und Gewerbe

bereitgestellt werden. Grundlage dafür bildeten die vom VEB Wasserversorgung bzw. vom Rat der Stadt Meißen übergebenen Unterlagen.

Eine weitere wichtige Eingabegröße für die hydraulische Berechnung stellt der k-Wert dar. Allein die Festlegung nach Erfahrungswerten für Hauptleitungen NW 200 $k \geqq 3$ mm und für Nebenleitungen in Abhängigkeit vom Baualter

vor 1900	$k \geqq 10$ mm
1900 bis 1930	$k \geqq 5$ mm
nach 1930	$k \geqq 4$ mm

erscheint zur Simulation der hydraulisch noch verfügbaren Durchmesser nicht ausreichend. Daher wurden *k*-Wert-Messungen vorgenommen. Die durchgeführten Messungen zur Bestimmung der Rohrrauhigkeit konnten jedoch keine repräsentativen Werte liefern, weil nur 4 Rohrstücke verschiedener Nennweiten (DN300; DN70; DN35; DN25) zur Verfügung gestellt werden konnten. Für die Untersuchung stand ein Meßgerät der Bauakademie der DDR, Institut für Baustoffe, zur Verfügung. Entsprechend der Möglichkeiten des vorhandenen Meßgerätes konnte die Rohrrauhigkeit nur am Rohrstück der Nennweite 300 durchgeführt werden. Die Meßergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt.

Zusätzlich zur *k*-Werte-Bestimmung wurden Druckmessungen an ausgewählten Knotenpunkten vom VEB Wasserversorgung vorgenommen. Um weitestgehende Übereinstimmung zwischen diesen Meßwerten und den Druckhöhen der Vergleichsrechnung zu erhalten, erfolgte die rechnerische Nennweitenreduzierung und die Festlegung der *k*-Werte zwischen 5 und 9 mm. Meß- und Berechnungsergebnis für ein Versorgungsgebiet Meißen rechts sind in Tabelle 3 dargestellt.

Die im Ergebnis dieser Vergleichsrechnungen erhaltenen „Restnennweiten" und die zuge-

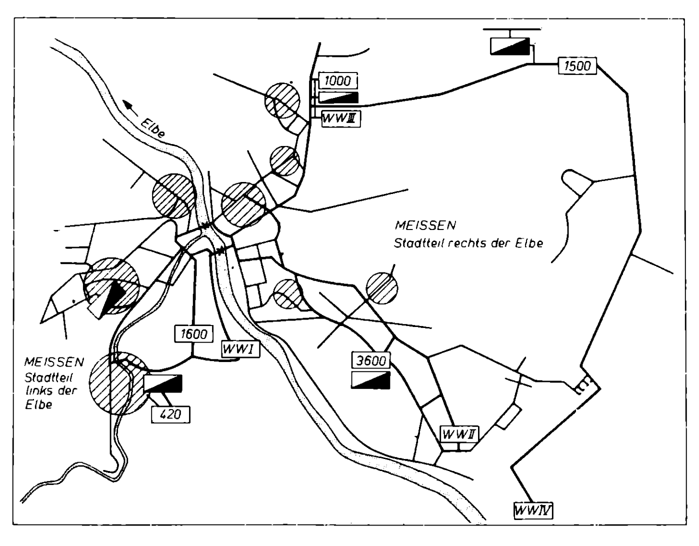


Bild 3 Übersichtsplan über Druckmangelgebiete

Tabelle 2: Meßergebnisse zur Bestimmung der Rohrrauhigkeit

Pkt. der Meßstrecke in mm	Inkrustationshöhe in 0,01 mm der Meßstrecke Nr. 1	2	3	4	5	6
0	0	0	0	0	0	0
5	4	12	90	111	237	179
10	20	0	63	118	350	342
15	8	2	135	140	449	347
20	10	5	193	192	186	364
25	44	18	149	186	168	538
30	25	60	164	287	144	600
35	39	55	162	269	126	430
40	29	55	168	200	145	463
45	32	54	246	374	158	448
50	32	19	198	169	152	122

Tabelle 3: Vergleich der gemessenen mit den berechneten Druckhöhen

Knotennummer	Gemessener Druck at	Uhrzeit der Messung	Berechneter Druck at (0,1 MPa)
52	4,5	12.52	4,9
7	4,0	12.58	4,5
10	2,2	13.02	2,6
bis 11	1,8	13.07	2,5
6–14	3,5	13.11	3,2–3,8
25	2,2	13.20	2,7
32	2,4	13.30	3,3
41	4,0	13.35	4,7
2	5,7	10.37	6,3

Tag der Messung: 02. 12. 1986

hörigen k-Werte bilden die Grundlage für alle weiteren Berechnungen und Untersuchungen, sie stellen praktisch eine „Eichung" des Netzes dar.

Ergebnisse

Im Anschluß an die „Eichung" des Netzes wurden die Druckhöhen für den Zeitraum der maximalen Entnahme berechnet. Im Programm „Hydraulische Berechnung vermaschter Wasserverteilungssysteme" wird die Differenz zwischen vorhandener und erforderlicher Versorgungshöhe ermittelt, so daß problemlos die Gebiete und Knotenpunkte mit ungenügenden bzw. negativen Differenzen an Versorgungshöhen ausgewiesen werden können. Die Tabellenköpfe der Ergebnisse, knoten- bzw. leitungsbezogen, sind in Bild 4 dargestellt.
Im Ergebnis dieser Berechnungen mußte festgestellt werden, daß insgesamt 8 Druckmangelgebiete bestehen (Bild 3). Es wurde Übereinstimmung mit den Erfahrungswerten des VEB Wasserversorgung erzielt.
Diese Zustandsanalyse wird nun zum Ausgangspunkt weiterer Betrachtungen zur Rekonstruktion bzw. Erweiterung des Wasserversorgungsnetzes der Stadt Meißen mit dem Ziel der Sicherung einer stabilen und bedarfsgerechten Wasserversorgung bis ins Jahr 2000 und darüber hinaus.

Literatur

/1/ *Featherstone, R. E.*: Computational methods in the analysis and design of closed conduit hydraulic systems. In: Developements in hydraulic engineering I., London (1983), S. 111 bis 150
/2/ *Ludewig, D.*: Bemerkungen zur Knotenorientierten Rohrnetzberechnung. In: Wasserwirtschaft – Wassertechnik, Berlin **35** (1985) 8, S. 179 bis 181
/3/ VEB PROWA Halle: Bürocomputerprogramme,
– EDV 112 – Wasserbedarfsermittlung
– EDV 104 – Hydraulische Berechnung vermaschter Wasserverteilungssysteme, Halle 1986

Knoten, maximale Entnahme

Knotennummer	*Entnahme in l/s*	*Druckhöhe in m NH*	*Gelände in m NH*	*Versorgungungshöhe in m erf.*	*vorh.*	*Diff.*

Leitungen, Ergebnisse, maximale Entnahme

Leitungsnummer	*Anfangsknoten*	*Endknoten*	*DN in mm*	*k-Wert in mm*	*Durchfluß in l/s*	*Geschw. in m/s*	*Druckgef. in m/km*	*Verlust in m*

Bild 4 Tabellenköpfe der Ergebnisse, knoten- bzw. leitungsbezogen

Bücher

Wiener Mitteilungen, Band 64

Belüftungssysteme beim Belebungsverfahren

Institut für Wassergüte und Landschaftsbau der Technischen Universität Wien, 1986

Im Band 64 der Wiener Mitteilungen werden Vorträge veröffentlicht, die im Rahmen eines Fortbildungskurses des Österreichischen Wasserwirtschaftsverbandes in Wien von Referenten aus Österreich, der Schweiz und der BRD gehalten wurden. Diese Vorträge befassen sich mit den theoretischen Grundlagen und praktischen Untersuchungen zum Sauerstoffeintrag in Reinwasser und kommunales Abwasser.
Auf der Grundlage von Versuchen und Messungen in Belebungsanlagen werden von den Referenten die verschiedenen Belüftungssysteme verglichen und Empfehlungen zum Einsatz gegeben. Dabei wird auf mögliche Differenzen bei einer umfassenden Verallgemeinerung der Untersuchungsergebnisse hingewiesen.
Zwei Vorträge widmen sich der Regelung des Sauerstoffeintrages in Belebungsbecken. Es werden Ziele und Grenzen der Regelung diskutiert, Möglichkeiten der technischen Realisierung erläutert und Empfehlungen für einen effektiven Einsatz gegeben.
Am Ende des Bandes wird der Leser über die bisher erschienenen Bände der Wiener Mitteilungen informiert.

C. B.

Dietrich Stein; Wilhelm Niederehe

Instandhaltung von Kanalisationen

Verlag Ernst & Sohn, Berlin/W. 1987
356 S., 516 Abb., 56 Tab., 582 Lit.

Die Anlagen der Ortsentwässerung dienen der hygienisch einwandfreien Sammlung sowie der gefahrlosen Ableitung von Abwässern aus Siedlungsgebieten. Die Gewährleistung der Hygiene und des vorbeugenden Gesundheitsschutzes sowie des Schutzes der natürlichen Arbeit verlangt ein gut ausgebautes und voll funktionierendes Entwässerungssystem. Trotz der Entwicklung moderner Produktionsverfahren, des Einsatzes hochwertiger Werkstoffe für die Herstellung von Entwässerungsleitungen sowie neuester Bau- und Verlegetechnologien sind im Betrieb befindliche Entwässerungsleitungen höchsten Beanspruchungen ausgesetzt und bedürfen laufender Kontrolle, Wartung und Instandhaltung.
Die Autoren haben erstmals zum Gesamtkomplex der Instandhaltung von Entwässerungsleitungen umfassende Darstellungen über Wartung, Inspektion, Schadensursache und -behebung sowie Definitionen zu wichtigen Begriffen gegeben. Der hohe Informationsgehalt des Buches, untersetzt mit praktischen Erkenntnissen, ist sowohl für den Entwurfsingenieur als auch für den Praktiker eine gute Arbeitsgrundlage und ist für die Lehre zu empfehlen. *Koschmieder*

Wasserwirtschaftliche Aspekte der Fischproduktion in und an Binnengewässern

Dr. rer. nat. Horst ZIEMANN
Beitrag aus der Wasserwirtschaftsdirektion Saale – Werra, Oberflußmeisterei Erfurt

Das langfristige Programm zur Steigerung der Speisefischproduktion in den Binnengewässern erfordert eine Intensivierung der Fischproduktion und die Nutzung aller geeigneten Binnengewässer bei gleichzeitiger Beachtung der dabei entstehenden Umweltprobleme. Das Ziel ist eine Steigerung der Fischproduktion bis 1990 um 21 % gegenüber 1986 auf 27000 t /1/.

Für die Wasserwirtschaftsdirektionen ergibt sich daraus die Aufgabe, der Binnenfischerei geeignete Gewässer bzw. Wasser entsprechender Qualität für die intensive und industriemäßige Produktion von Satz- und Speisefischen bereitzustellen und die damit verbundenen Einflüsse auf die Wasserbeschaffenheit so zu steuern, daß die erforderlichen ökologischen Bedingungen und Voraussetzungen in den Gewässern für die gesamtgesellschaftliche Nutzung ebenso wie für die Binnenfischerei selbst erhalten werden. Da die Fischproduktion oft eine von mehreren Nutzungen ist, muß entsprechend der volkswirtschaftlichen Rangfolge der Nutzung die Einordnung auf ein ökonomisches und ökologisches Optimum orientiert werden. Dabei sind durch die SGA, ausgehend von der zu erwartenden Gewässerbeeinflussung und von der zu fordernden Gewässerbeschaffenheit unter Berücksichtigung der zu sichernden Nutzungen vor allem Umfang und Art der fischereilichen Nutzung festzulegen.

Bei der Einschätzung der Auswirkungen auf die Gewässer müssen die ökologischen Gesetzmäßigkeiten der einzelnen Gewässerökosysteme berücksichtigt werden, die zum Beispiel für Fließgewässer, geschichtete und ungeschichtete Seen sehr unterschiedlich sind. Stets sind bereits bestehende Belastungen aus dem Einzugsgebiet in die Betrachtung mit einzubeziehen.

Von primärer Bedeutung für die Gewässerbeeinflussung durch die Fischproduktion sind die Pflanzennährstoffe Stickstoff und Phosphor, die die Eutrophierung der Gewässer verursachen. Außerdem spielt auch die organische Belastung eine Rolle, wobei sowohl gelöste wie ungelöste Bestandteile (Schlamm aus Kot und Futterresten) von Bedeutung sind. Der limitierende Faktor für die Eutrophierung stehender Gewässer ist in den meisten Fällen der Phosphor. Die zulässige Oberflächenbelastung von Seen und Talsperren mit Phosphor in $g/(m^2 \cdot a)$ ist vor allem abhängig vom Verhältnis der mittleren Tiefe zur mittleren Aufenthaltszeit (m/a) und von der Karbonathärte. Sie wird, ausgehend von dem zur Sicherung der Nutzung einzuhaltenden Trophiegrad, nach dem Standard TGL 27 885/01/03/04 ermittelt. Analog dazu ist z. B. die organische Belastung (BSB_5) in Fließgewässern entsprechend der zu fordernden Beschaffenheitsklasse nach TGL 22 764 festzulegen. Der durch die Fischproduktion bedingte Anteil des Phosphorimportes in ein Gewässer ergibt sich aus der Bilanz des P-Eintrages durch die Fütterung und des P-Austrages durch die Abfischung. Durch das Futter wird gewöhnlich mehr Phosphor in das Ökosystem eingetragen als im Körper der Fische festgelegt werden kann, so daß es zu einer Erhöhung des Phosphorgehaltes kommt. Außerdem verursachen Fische wie alle anderen Wassertiere durch den Planktonfraß eine zusätzliche Nährstoffmobilisierung, indem der in den Planktonorganismen festgelegte Phosphor durch die Verdauung beschleunigt freigesetzt wird und der Primärproduktion unmittelbar wieder zur Verfügung steht. Für die Berechnung des Phosphoreintrages und der Phosphorflächenbelastung durch die fischereiliche Bewirtschaftung gelten folgende Gleichungen /2/:

$$Q_{p1} = ax - b \qquad (1)$$

und

$$Q_{p2} = \frac{Q_{p1}\ n}{10\,F} \qquad (2)$$

Dabei bedeuten

Q_{p1} = P-Eintrag in kg/t Zuwachs
x = Futteraufwand in kg/kg Zuwachs (relativer Futterquotient)
a = P-Gehalt im Futter in kg/t
b = P-Gehalt im Fisch in kg/t
Q_{p2} = P-Flächenbelastung in $g/m^2 \cdot a$
n = Zuwachs, t/a
F = Gewässerfläche in ha

Der Phosphorgehalt in Futtermitteln beträgt nach /2/ in Karpfenmastpellets 9,9 g/kg und in Forellenmastpellets 19,6 g/kg. Für Getreide werden 2,5...4 g/kg P angegeben. Für die Fische gelten folgende Werte:
Forellen – 4,4 g/kg P
Karpfen – 3,3 g/kg P in der Frischmasse.

Analog läßt sich der Stickstoffeintrag berechnen, der das 6- bis 7fache des Phosphoreintrages beträgt. Stickstoff ist nach *Albrecht* mit 68,4 g/kg in Forellenmastpellets und mit 27 g/kg in Forellen enthalten. Die Gesamtflächenbelastung ergibt sich aus der Addition des Importes aus dem Einzugsgebiet mit dem aus der Fischerei. Da etwa 50 % des durch die Fischerei eingetragenen Phosphors pertikulär gebunden sind und zum Teil sedimentieren, ist die unmittelbare Wirkung auf die Primärproduktion in Abhängigkeit von hydrographischen und trophischen Faktoren sehr differenziert. Bei wasserrechtlichen Festlegungen ist von den berechneten Werten und deren Interpretation entsprechend TGL 27 885 auszugehen, da in den empirisch ermittelten Daten die im Ökosystem wirkenden Faktorenkomplexe mit enthalten sind.

Bewirtschaftungsformen und Belastungskennziffern

1. Natürlicher Besatz

Ein natürlicher Fischbesatz ist notwendiger Bestandteil eines funktionierenden Gewässerökosystems. Die Bewirtschaftung besteht in der Aberntung eines Überschusses, der sich auf natürlicher Nahrungsgrundlage entwickelt. Dazu zählen die herkömmlichen Fluß- und Seenfischerei und die Sportgewässer des Deutschen Anglerverbandes der DDR. Das Abernten dieses Fischbestandes ist mit einem Nährstoffaustrag verbunden. Diese Bewirtschaftungsform bedarf nur in speziellen Fällen, z. B. bei Trinkwassertalsperren, der Genehmigung durch die SGA.

2. Karpfenintensivwirtschaft in Seen, Talsperren und Teichen

Bei dieser Bewirtschaftungsform reicht die Naturnahrung für den Besatz nicht aus und es wird mit Getreide zugefüttert. Die erzielten Erträge liegen bei 0,8...1,3 t/ha. Der relative Futterquotient für die Getreidefütterung ist mit 2,25...3 anzusetzen. Danach kann entsprechend Gleichung (1) der Phosphoreintrag berechnet werden. Die Phosphorbilanz in Karpfenintensivgewässern ist nach /3/ wie folgt einzuschätzen:

Relativer Futterquotient

$> 1,6$ bedeutet P-Import
$= 1,6$ bedeutet P-Bilanz ausgeglichen
$< 1,6$ bedeutet P-Export

Bei Karpfenintensivwirtschaften wird eine Polykultur mit Phytoplanktonfressern, besonders Silberkarpfen *(Hypophthalmichthys molitrix)* empfohlen. Die Silberkarpfen bringen einen zusätzlichen Ertrag ohne Zufütterung durch die Ausnutzung des Phytoplanktons als Nahrungsquelle und bewirken damit eine teilweise Abschöpfung des Phosphorüberschusses. Ein Standardbesatz von 1000 Stück Silberkarpfen/ha bringt einen Ertragszuwachs von 200...300 kg/ha und bleibt ohne wesentlichen Einfluß auf die Primärproduktion. Dieser ist erst bei höheren Besatzdichten zu erkennen /3/.

Eine Eutrophierungsminderung durch eine hohe Silberkarpfenbesatzdichte ist in Flachgewässern infolge der Nährstoffrückführung aus dem Boden nicht zu erwarten. Durch das Auftreten kleinerer Algenarten und die Begrenzung der Primärproduktion durch das Licht wird die Gesamtbiomasse jedoch verringert /3/.

Demgegenüber sinkt in geschichteten Seen der im Kot enthaltene Phosphor zum Teil ins Hypolimnion ab und ist damit dem Stoffkreislauf im Epilimnion entzogen.

Karpfenintensivwirtschaft ist die Regelbewirtschaftung von Talsperren und Kleinspeichern, sofern sie nicht als Sportgewässer durch den DAV genutzt werden bzw. andere Nutzungen den Vorrang genießen.

Da diese Bewirtschaftungsform vornehmlich in eutrophen Gewässern der Beschaffenheitsklasse 3b vorgenommen wird bzw. an derartige Gewässer gebunden ist, ist durch die Getreidefütterung bei Produktionszielen um 1 t/ha im allgemeinen keine Änderung des Trophiestatus zu befürchten.

Bei der Genehmigung der Intensivhaltung in Talsperren oder Speichern, die der Niedrigwasseraufhöhung oder der Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen dienen, ist das Produktionsziel auf den niedrigsten Stau am Ende der Vegetationsperiode zu beziehen bzw. ein entsprechendes Stauziel festzulegen.

3. Pelletintensivwirtschaft in Karpfenteichen

Pelletintensivwirtschaften sind auf fischereieigene Produktionsgewässer beschränkt. Sie erlauben im allgemeinen keine Mehrfachnutzung. Die Teiche werden ohne oder nur mit geringem Wasserdurchstrom (Zufluß 1 l/ s · ha) betrieben, so daß kein Nährstoffaustrag in unterliegende Fließgewässer erfolgt. Die Teiche müssen regelmäßig entschlammt werden, und es sind Technologien anzuwenden, die einen hohen Schlammaustrag bei der Abfischung vermeiden. Nach /2/ ist die „Entschlammung der stehenden Teiche zur Vorbereitung einer störungsfreien Abfischung vorgesehen". Die Möglichkeiten und der Umfang von Beeinträchtigungen der Wasserbeschaffenheit sowie zu erwartende Schäden in unterliegenden Gewässern müssen von der Staatlichen Gewässeraufsicht eingeschätzt und entsprechende Auflagen erteilt werden.

Die angestrebte Produktion ohne technische Belüftung beträgt etwa 3 t/ha bei einem absoluten Futterquotienten (bezogen auf Abfischung) von 2,2. Gefüttert werden 30% Getreide und vorwiegend im Juli und August 70% Pellets /4/. In Pelletintensivwirtschaften ist eine Steigerung der Produktion auf 5...10 t/ha möglich /2/. Der Phosphoreintrag erreicht Werte von 5...10 g/(m^2 · a). Die Folge sind Phytoplanktonmassenentwicklungen, verbunden mit Sauerstoffproblemen, deren Auswirkungen besonders bei Produktionszielen von mehr als 3 t/ha teilweise durch technische Belüftung ausgeglichen werden müssen.

4. Industriemäßige Fischproduktion in Rinnen, Becken und Netzkäfigen

Bei der industriemäßigen Fischproduktion tritt die Binnenfischerei als Abwassererzeuger auf. Das Abwasser ist relativ gering belastet, fällt aber in großer Menge an. Bei Forellenrinnenanlagen mit offenem Kreislauf ohne Reinigungsteil beträgt z. B. der Frischwasserbedarf (= Abwasseranfall) 360 m^3/t · d, bei 50 t Besatz sind das 18000 m^3/d.

Der Wasserdurchsatz im Kreislauf der Anlage entspricht dem 4- bis 5fachen des Frischwasserbedarfs. Die Abwasserbeschaffenheit ist vorwiegend abhängig von

- Wasserdurchsatz/t · d, meist maximale Nutzung des Dargebotes unabhängig vom besatzbedingten Mindestwasserbedarf
- Futterzugabe, Futtermenge, bezogen auf den Besatz
- Futterverwertung, bedingt durch den physiologischen Zustand der Fische und die Wassertemperatur
- Besatzdichte, kg Forellen bzw. Karpfen je m^3 Rinnenvolumen.

Außerdem schwankt die Beschaffenheit im Tagesverlauf in Abhängigkeit von Reinigungsmaßnahmen und Fütterungszeiten.

Auf der Grundlage intensiver Untersuchungen verschiedener Anlagen wurden die in Tafel 1 dargestellten Belastungsparameter für die industriemäßige Fischproduktion in Rinnenanlagen ermittelt.

Organische Belastung und Nährstoffe sind wie folgt im Abwasser und Schlamm verteilt /5/:

	Schlamm (partikulär gebunden)	Abwasser (gelöst)
BSB_5 %	25...30	70...75
P %	70	30
N %	10...15	85...90

Der geringe Stickstoffgehalt im Schlamm beruht darauf, daß Stickstoff von den Fischen vorwiegend in gelöster Form als NH_3 über die Kiemen ausgeschieden wird. Hohe Stickstoffgehalte im Schlamm (> 25 g N/kg TM) weisen deshalb auf eine schlechte Futterverwertung durch die Fische hin.

In Rinnenanlagen zur industriemäßigen Mast von Forellen fallen generell zwei Arten von Abwasser an: das aus dem Kreislauf abgegebene Produktionswasser (Rinnenüberlaufwasser) und das bei der im allgemeinen täglich erfolgenden Rinnenreinigung erzeugte, mit Kot und Futterresten angereicherte Rinnenspülwasser. Der Anteil des Rinnenspülwassers am Gesamtabwasser beträgt bei täglich einmaliger Spülung etwa 2,5...3%, es enthält jedoch mindestens 30% des täglich anfallenden Schlammes. Da die Ableitung des Rinnenspülwassers mit einem Gehalt von 300 bis 400 mg/l an abfiltrierbaren Stoffen stoßweise und kurzzeitig erfolgt, würde eine direkte Einleitung zu einer deutlichen Beeinträchtigung der Wasserbeschaffenheit des Vorfluters führen. Deshalb sollte als Regeltechnologie die Trennung von gering belastetem Überlaufwasser und Rinnenspülwasser und eine separate mechanische Reinigung des Rinnenspülwassers angesehen werden. Unter bestimmten Bedingungen, z. B. wenn der Anteil des Rinnenabflußes im Verhältnis zum Vorfluter sehr hoch ist bzw. der gesamte Bachlauf durch die Anlage geleitet wird und für den Bachlauf unterhalb der Anlage der Status eines Salmonidengewässers garantiert werden soll, ist auch eine Reinigung des Gesamtabwassers zu erwägen. Verbunden mit der Reduzierung des Schlammaustrages könnten bei der mechanischen Reinigung des Gesamtabwassers mindestens 25...30% des BSB_5 und 50...60% des Phosphors eliminiert werden. *Meylahn* /6/ erreichte mit mechanischer Reinigung im Lamellenabscheider einen 35%igen BSB_5-Abbau.

Tafel 1: Belastungskennziffern für die industriemäßige Fischproduktion in Betonrinnen und Netzkäfigen bezogen auf 1 Tonne Fischbestand und 1 Tag /4, 5, 10/

Angaben in kg/(t · d)	Karpfen	Forelle
Futterzugabe	20 ...30	19
abfiltrierb. Stoffe	15,8...23,7	7
Stickstoff	1,43	1,0
Phosphor	0,22	0,27
BSB_5	2,7...4,6	4... 5
EGW	50 ...80	75...90

Die Hauptmasse des Schlammes setzt sich gut ab, so daß Absetzzeiten von 15...20 Minuten ausreichend sein dürften. Im Lamellenabscheider innerhalb des geschlossenen Kreislaufes einer Versuchsanlage genügte eine Aufenthaltszeit von 7 Minuten /7/.

Die mechanische Reinigung von Rinnenspülwasser erfolgt im VEB Binnenfischerei Gotha über Röhrenabsetzanlagen mit gutem Effekt. Der Erfolg setzt jedoch eine intensive Betreuung der Anlage voraus. Es sind auch herkömmliche Absetzanlagen und Absetzteiche anwendbar, selbst Staustufen im Gewässer unterhalb von Forellenmastanlagen sind verwendet worden. Voraussetzung ist, daß einfache Absetzräume ohne Schwierigkeiten beräumbar sind. Der Schlamm ist auf Grund seines Phosphorgehaltes von 25...30 g/kg TM und des Anteils an organischer Substanz bis zu 75% für die landwirtschaftliche Düngung geeignet.

Praktische Erfahrungen über die Reinigung des Gesamtabwassers aus größeren industriemäßigen Forellenmastanlagen liegen nicht vor. Die Behandlung ist wegen der großen Abwassermenge und deren geringer Konzentration problematisch, da sie erhebliche Dimensionen der Abwasserbehandlungsanlagen voraussetzt. Andererseits ist die täglich anfallende Schmutzfracht bei hohem Besatz bedeutend und kann, insbesondere in Gewässern mit geringen Fließgeschwindigkeiten unterhalb von Forellenmastanlagen zu Faulschlammauflandungen und zur Beeinträchtigung der Flora und Fauna durch die organische Belastung und Eutrophierung führen.

Für die Netzkäfighaltung gelten grundsätzlich die gleichen Belastungsparameter wie für Rinnenanlagen (Tafel 1). Die Berechnung des Nährstoffeintrages und der Oberflächenbelastung geschieht auf der Grundlage der Gleichungen (1) und (2). Bei der Einschätzung der Auswirkungen auf das Gewässer kann berücksichtigt werden, daß etwa 50% des Phosphors in geschichteten Seen mit dem Schlamm sedimentieren. Durch die Schlammablagerungen unter den Netzkäfigen besteht die Gefahr der Faulschlammbildung und der Wiederfreisetzung des gebundenen Phosphors aus dem Sediment. Zur Vermeidung anaerober Zustände im Tiefenwasser und zur Gewährleistung eines möglichst hohen Nährstoffexportes sollte der Standort für Netzkäfiganlagen möglichst in der Nähe von Seenausflüssen gewählt werden und die Wassergabe aus dem Tiefenwasser bzw. bei Talsperren aus dem Grundablaß erfolgen.

Der Schlamm- und BSB_5-Eintrag während der Mastperiode läßt sich auf der Grundlage der Tafel 1 für die Forellenmast wie folgt einschätzen:

$$\text{Schlamm (kg TM)} = 0{,}4 \times \text{Futterzugabe}$$
$$\text{Futterzugabe} = \text{relativer Futterquotient} \times \text{Zuwachs (kg)}$$

Der BSB_5 des Schlammes wurde mit 130 g/kg TM ermittelt /5/. Daraus ergibt sich

$$BSB_5 \text{ (partikulär) (kg)} = \text{Schlamm (kg TM)} \times 0{,}13$$

Der Gesamt-BSB_5, partikulär und gelöst, ist abhängig von der Futterzugabe und vom Zuwachs:

$$BSB_5 \text{ (kg)} = \frac{a}{b} \cdot FQ_{relativ} \text{ Zuwachs (kg)}$$

a = kg BSB_5/(t · d)

b = kg Futterzugabe/(t · d)

Nach unseren Erfahrungen beträgt der Quotient $a/b = 0{,}25 \ldots 0{,}30$. Die so berechneten Werte stimmen recht gut mit den Angaben in der TGL 27 885/01 überein, wonach je Tonne Zuwachs innerhalb einer Mastperiode mit einer Belastung von 30 EGW/d im Jahresdurchschnitt zu rechnen ist.
Auf Grund der Einschätzung des Nährstoffeintrages und der organischen Belastung kann unter Berücksichtigung der hydrographischen und hydrologischen Verhältnisse sowie der sonstigen Nutzungen der für das jeweilige Gewässer zulässige Produktionsumfang festgelegt werden. In der Literatur werden folgende Richtwerte genannt:

- in natürlichen Seen mit geringem Durchfluß 1 t Zuwachs pro 10 ha /8/
- für Baggerseen soll ein Zuwachs von 600 kg/ha Forellen ohne Schaden vertretbar sein /9/

Hinweise für wasserrechtliche Entscheidungen

Grundlage für die Grenzwertfestlegungen bei der Fischerei-Produktion bildet die KDT-Richtlinie „Industriemäßige Fischproduktion" (Loseblattsammlung Nr. 6.24.81 (1981).
Für Fließgewässer wird die tolerierbare Erhöhung der organischen Belastung, des Schwebstoffgehaltes und der Nährstoffe unter Berücksichtigung der erforderlichen Wasserbeschaffenheit bei Niedrigwasser festgelegt und daraus die erlaubte Tagesfracht abgeleitet. Aus der zulässigen Tagesfracht ergibt sich nach Tafel 1 die Festlegung des höchsten aktuellen Fischbestandes in der Anlage. Bei Rinnenanlagen sollte grundsätzlich die mechanische Reinigung des Rinnenreinigungswassers gefordert werden, um Stoßbelastungen zu vermeiden.
Bei stehenden Gewässern ist der zulässige Jahreszuwachs auf der Grundlage der tolerierbaren Oberflächenbelastung mit Nährstoffen nach den Kennziffern der TGL 27 885 zu begrenzen.

Literatur

/1/ *Lietz, B.*: Binnenfischer erfüllen die Beschlüsse des XI. Parteitages der SED mit reicheren Fängen aus Seen, Teichen und Fließgewässern. Z. Binnenfisch. DDR **34** (1987), S. 64–72

/2/ *Barthelmes, D.; Predel, G.*: Intensive fischereiliche Nutzung von Binnengewässern. In: *Busch, K.-F.; Uhlmann, D.; Weise, G.*: Ingenieurökologie. S. 282–286. Jena 1983

/3/ *Barthelmes, D.*: Hydrobiologische Grundlagen der Binnenfischerei. Jena 1981

/4/ *Steffens, W.* (Hrsg.): Industriemäßige Fischproduktion. Berlin 1979

/5/ *Ziemann, H.; Großwendt, U.*: Untersuchungen über die in industriemäßigen Anlagen der Forellenmast in Betonrinnen anfallenden Abwasserinhaltstoffe. Z. Binnenfisch. DDR **32** (1985), S. 14–19

/6/ *Meylahn, G. U.*: Einige Ergebnisse der Entwicklung leistungsfähiger mechanischer Reinigungssysteme für Anlagen der industriemäßigen Fischproduktion. Fortschr. Fischereiwiss. **3** (1984), S. 87–95

/7/ *Knösche, R.*: Stand und Perspektiven der Satzfischproduktion in Kreislaufanlagen. Z. Binnenfisch. DDR **33** (1986), S. 283–290

/8/ *Predel, G.*: Stand und Perspektiven der Fischproduktion in Netzkäfiganlagen. Z. Binnenfisch. DDR **30** (1983), S. 255–263

/9/ *Kieckhäfer, H.*: Fischzucht in Gehegen. Hamburg 1983

/10/ *Britz, A.; Müller, H. D.*: Gewässerbelastung durch industriemäßige Fischproduktion in Rinnenanlagen. „Wasserwirtschaft–Wassertechnik" **32** (1982) S. 230–232

Korrosionsschutz in der Wasserwirtschaft – Aufbau eines Meßfahrzeuges für den katodischen Korrosionsschutz

Ing. Peter BRUSSIG
Beitrag aus dem VEB WAB Dresden

Über die Notwendigkeit des erweiterten Einsatzes und die außergewöhnlich hohe Effektivität des katodischen Korrosionsschutzes für erdverlegte Wasserleitungen aus Stahl wurde bereits 1983 in einem Beitrag des MfUW in der WWT berichtet /1/. Die zu diesem Korrosionsschutzverfahren notwendige Meßtechnik mit ihren objektiven Schwierigkeiten bei der Meßfehlereleminierung und der Meßwertinterpretation sowie eine neue Meßmethode zur IR-freien Potentialmessung wurde in WWT 2/1988 vorgestellt /2/. Das zur Durchführung solcher Messungen notwendige Meßfahrzeug, welches ausrüstungsmäßig auf den Gesamtkomplex des Korrosionsschutzes, von der Rohrleitungsmontage bis zur Schadensaufklärung erweitert wurde, ist der Inhalt dieses Artikels.

Standort und Zugängigkeit der Meßstellen

An den für den katodischen Korrosionsschutz erforderlichen Schutzanlagen und Meßsäulen sind in regelmäßigen Abständen Kontrollen, Messungen, Instandhaltungsarbeiten und bei Bedarf Reparaturen durchzuführen. Da sich diese Anlagen in unmittelbarer Nähe der Rohrleitungen befinden müssen, stehen sie an Straßen und Wegen, wenn diese den Trassenverlauf kreuzen oder sich ihm nähern. Sie stehen aber auch auf Feldern, im Wald oder auf anderen weglosem Gelände. Im VEB WAB Dresden sind dadurch nur etwa 50 % der Meßstellen mit dem Meßfahrzeug ganzjährig erreichbar, 30 % nur in einer trockenen Witterungsperiode und nur 20 % (Meßsäulen) können lediglich zu Fuß, d. h., mit langen Schleppkabeln oder mit Handmeßgeräten erreicht werden.
Bei der Wahl des Aufstellungsortes der Schutzanlagen an Straßen- und Wegrändern sollte der Vermeidung einer Gefährdung durch Schneepflüge im Winter und Landmaschinen im Sommer der Vorrang gegenüber einer bequemen Erreichbarkeit mit dem Meßfahrzeug gegeben werden. Im VEB WAB Dresden werden durch die genannten Fahrzeuge durchschnittlich 4 Meßsäulen im Jahr und alle 2 Jahre eine Schutzanlage beschädigt oder zerstört. Diesem Problem ist bereits bei der Überprüfung der Projekte mehr Aufmerksamkeit zu schenken. Bei einer nicht vermeidbaren Aufstellung auf Feldern oder an anderen gefährdeten Stellen, müssen zusätzlich Markierungs- oder Schutzpfähle gesetzt werden, die auch eine 2 m hohe Schneewehe oder ein ebenso hohes Maisfeld noch überragen.
Klimatische Einflüsse wie Bodenfrost, Schnee, Dauerregen usw. führen zusätzlich zu Einschränkungen bei den Meßmöglichkeiten. So arbeiten z. B. die meisten der benötigten elektrischen und elektronischen Meßgeräte nur bei einer Temperatur von (5...35) °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit unter 90 % genügend fehlerfrei. Diese Bedingungen sind auch in einem Meßfahrzeug nicht immer in einer ausreichend kurzen Zeit realisierbar. Für die planbaren Meß- und Instandhaltungsarbeiten, besonders für Fernleitungen, bleiben damit vor allem die Monate April bis Oktober. In der übrigen Jahreszeit sollte der Schwerpunkt auf die gut zugängigen innerstädtischen Streustromschutzanlagen gelegt werden.

Ausrüstung zur Kontrolle des passiven Rohrleitungskorrosionsschutzes

Die Voraussetzung für einen effektiven katodischen Korrosionsschutz ist eine ausreichende Qualität und Durchgängigkeit der Bitumen- und Polyäthylenschutzschichten der fertig montierten und in die Erde verlegten Rohrleitungen. Die ersten Einflußmöglichkeiten dazu bestehen in der Phase der Projektierung, z. B. bei der Wahl der Trasse und der Verlegungstechnologie, der Festlegungen zur Isolation von Armaturen, der galvanischen Trennung von Fundamenterderanlagen usw. Bei der Projektrealisierung sind möglichst viele Baustellenkontrollen und Abnahmen erforderlich. Sie beginnen bei den TUL-Prozessen, betreffen vor allem die eigentliche Montage und Baustellennachisolation und enden bei der Kontrolle des Rohrgrabens und der Beschaffenheit der zur Verfüllung vorgesehenen Erdmassen.
Zur Einhaltung der Forderungen der TGL 22 769/03, 22 353, 7534, 18 730, 190-354, 18 792 usw. sind visuelle Prüfungen und Kontrollmessungen erforderlich.
Dazu werden benötigt: Ein batteriebetriebenes Dichtigkeitsprüfgerät (Typ 110), magnetische Schichtdickenmesser, Tiefenlehren, Vergleichsbilder für den Säuberungsgrad (TGL 18 730/02), Thermometer, Messer usw.

Ausrüstung für den katodischen Korrosionsschutz
Meßgeräte für die IR-freie Potentialmessung

Zur IR-freien Potentialmessung nach der Ausschaltmethode ist folgende Mindestausrüstung erforderlich:
Ein XY-Schreiber (Typ „endim 620.02"), ein Laborbandschreiber (Typ „endim 620.01"), zwei elektronische Vielfachmeßgeräte „Uni 12e" mit einem Polarovar als Vorsatzgerät, 5 Programmzeitschalter (Relais SPW 220 V



Bild 1 Barkas B 1000 mit Wasserlaborschrankeinbauten, ausgerüstet als Meßfahrzeug für den katodischen Korrosionsschutz

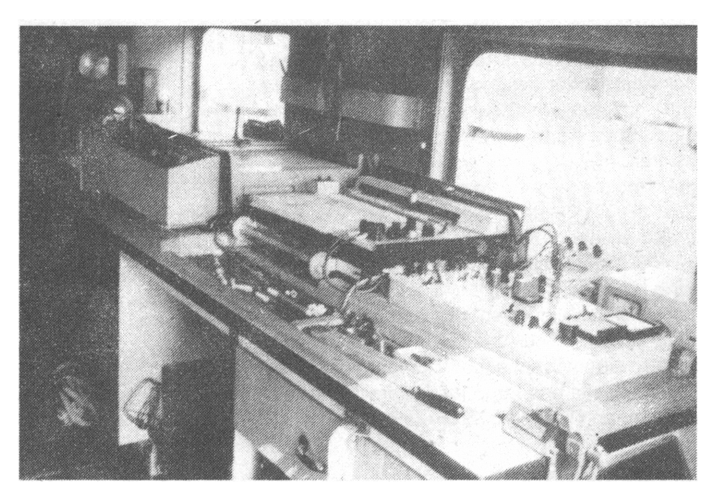


Bild 2 Teilansicht der Innenausrüstung: XY-Schreiber, Laborbandschreiber und Meßvorsatz (von links)

Ws 5polig, m. Geh. A1 30s), 10 Kupfer/Kupfersulfatelektroden, ein Trassensuchgenerator (Typ 81 027) mit Universalindikator für Rohrleitungen (Typ 81 018) und Zubehör, sowie diverse Meßkabel (möglichst mit Abschirmung), Klemmen und Kleinwerkzeuge.

Meßgeräte für Strommessungen

Strommessungen müssen häufig ergänzend zur Potentialmessung durchgeführt werden, so daß noch ein zweiter Laborbandschreiber und zwei weitere Elektronische Vielfachmesser erforderlich werden. Dazu sind 2 Shunts für die Uni 12e (3/10/30A) und für Streustrommessungen 1 Shunt für 600 A, 2 Shunts für 240 A und je 4 Shunts für 120 A und für 60 A, einschließlich den dazugehörigen niederohmigen Stromanschlußkabeln und einem Schienenanschluß (Magnet oder Verschraubungen) erforderlich.

Meßgeräte für Widerstandsmessungen

Zur geoelektrischen Sondierung des Trassengeländes (TGL 190-353/09) z. B. nach dem „Wenner-Verfahren" ist ein Elektronisches Erdungsmeßgerät (Typ A 317) mit Kabeln und Erdsonden erforderlich.
Für die sonstigen Widerstandsmessungen, z. B. bei der Anpassung von Verbundschutzobjekten genügt eine Kleinmeßbrücke in Wheatstone-Schaltung. Die zu messenden Werte liegen hier oft nur bei 0,3...10 Ohm.

Hilfsgeräte („Meßvorsatz")

Die für die registrierenden Messungen verwendeten (genannten) „endim"-Schreiber sind als Laborgeräte konzipiert.
Ihr Einsatz im Meßfahrzeug bringt erhebliche Abweichungen von den Laborbedingungen. Es treten Temperaturextreme, schnelle Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsänderungen, Frequenz- und Sinusformabweichungen der an Bord des Meßfahrzeuges erzeugten „Arbeitsspannung gegenüber der Netzspannung auf und bei häufigem Meßortwechsel können die sogenannten „Gerätewarmlaufzeiten" (z. B. 30 min) nicht berücksichtigt werden.
Um trotzdem keine gerätebedingten, zusätzlichen Meßfehler zu erhalten, hat sich folgende Arbeitsweise bewährt:
Gearbeitet wird nur im „mV-Meßbereich" bei „variabler" Spannungseinstellung.
Bei der Benutzung des „V-Meßbereiches" ist der Meßgeräteinnenwiderstand für die erforderlichen Potentialmessungen zu klein. Die „variable" Spannungsmeßbereicheinstellung erfolgt vor dem Meßbeginn durch Zuschaltung einer Konstantspannungsquelle zur registrierenden Eichung des jeweils gewünschten Meßbereiches. Während der Potentialmessungen ist durch häufiges kurzzeitiges Umschalten auf die Konstantspannungsquelle die Eichung (registrierend) zu kontrollieren und wenn erforderlich zu korrigieren.
Als umschaltbare Konstantspannungsquelle für 15/50/500/1500/2500 mV hat sich eine mit 4 Monozellen (1,5 V) betriebene Leuchtdiode VQA 23 als Referenzspannungsquelle mit einem Transistor SF 215 als Regelglied bewährt.
Zur Dämpfung von Schwingungen bei der Meßwertregistrierung, wie sie z. B. durch Schwebungen entstehen können (siehe dazu /2/), wird ein zuschaltbares RC-Glied mit einer Dämpfung von ≈66 dB für ein Frequenzband von ≈(15...100) Hz während den Potentialmessungen bei Bedarf zugeschaltet. Die Dämpfung darf nicht während der Eichung erfolgen und sollte nun intermittierend wie in /2/ beschrieben eingesetzt werden.
Da die Konstantspannungsquelle, das RC-Glied und die dazugehörigen Schalter ein Gehäuse benötigen, wurde ein Zusatzgerät gebaut, das nachfolgend als „Meßvorsatz" bezeichnet wird und eine Art Regiepult für die Meßarbeiten im Meßfahrzeug darstellt.
Der Meßvorsatz wurde mit einer schaltungstechnischen Variante versehen, die es ermöglicht, bei der Anpassung von Verbundschutzobjekten in Meßsäulen von Fernleitungen, die 4 gebräuchlichsten Verbundschutzanpassungen mit 0/0,5/1,0/2,0 Ohm im Meßfahrzeug zu simulieren. Dabei werden die IR-freien Potentialänderungen (Ausschaltmethode) der Verbundschutzobjekte registriert. Möglichkeiten zur gleichzeitigen Verbundschutzstrommessungen sind ebenfalls vorhanden.

Bordstromversorgung

Grundsätzlich sollten alle neuen Korrosionsschutzanlagen, d. h., auch die Streustromdrainagen, einen Netzanschluß erhalten. Damit besteht jederzeit die Möglichkeit der Umrüstung auf eine Soutirage und des Netzanschlusses für das Meßfahrzeug.
Fehlt ein Netzanschluß, wie es im VEB WAB Dresden bei rund 90% aller Meßstellen (Meßsäulen und Schutzanlagen) der Fall ist, ist eine Bordstromversorgung erforderlich. Auf Notstromaggregate sollte dazu u. a. aus Umweltschutzgründen verzichtet werden. Als Basis für die Stromversorgung bleibt damit nur ein Bleiakkumulator, der wenigstens 135 Ah haben sollte. Zur Umwandlung des Gleichstromes in 220 V-50 Hz-Wechselstrom hat sich der „Wechselrichter Typ 2206" vom VEB Statron gut bewährt. Das Gerät ist bis zu 200 VA belastbar. Im normalen Meßbetrieb mit 2 parallel arbeitenden „endim"-Schreibern werden 100 VA kaum erreicht.
Die Zu- und Abschaltung des Wechselrichters erfolgt am günstigsten ferngesteuert über einen Schalter im Meßvorsatz. Zur Kontrolle des (Wechsel-) Stromverbrauches wurde ein „VA-Meter" in den Meßvorsatz mit eingebaut. Da von dem Wechselrichter und seinem nichtsinusförmigen Wechselstrom eine begrenzte Sendewirkung ausgeht, sollte die Aufstellung in maximaler Entfernung zu den „endim"-Schreibern (z. B. im Fahrerhaus) erfolgen und auf zusätzliche Spannungsregler verzichtet werden.

Meßfahrzeug und Arbeitsschutz

Wie Bild 1 und 2 zeigen, wurde im VEB WAB Dresden ein „B 1000-Koffer" als Meßfahrzeug verwendet. Es werden in der DDR auch W50 und LO2500 für diese Zwecke eingesetzt. Solche Fahrzeuge bringen, wenn sie geländegängig sind, erhebliche Vorteile. Der Lada-Niva ist in seiner möglichen Meßarbeitsplatzgröße zu klein. Der Barkas B1000 als Bus oder mit Kofferaufbau, vorn immer mit Geländereifen gefahren, ist als Meßfahrzeug gerade groß genug und reicht im Gelände, wenn die Einsätze auf die trockenen Witterungsperioden beschränkt werden können.
Neben Absperrkegeln, Spaten und Beil usw. ist es unbedingt erforderlich, daß in der frostfreien Periode, in der mit Kupfersulfatlösung gearbeitet wird, immer ausreichend frisches Wasser im Meßfahrzeug vorhanden ist. Bei Spritzern von Kupfersulfatlösung in das Auge, ist ein sofortiges gründliches Spülen mit klarem Wasser notwendig. In einem solchen Fall geht es um Sekunden, wenn es zu keiner bleibenden Trübung der Augenhornhaut (Verätzungen) kommen soll.

Zusatzausrüstungen

Beurteilung von Anstrichsystem

Neben der Ausrüstung für die Erneuerung des gelben Erkennungsfarbanstrichs der

Meßsäulen hat es sich als sinnvoll erwiesen, auch eine Grundausrüstung zur Überprüfung der Anstrichherstellung und der Anstrichqualität mitzuführen. Stahlrohrleitungen und andere Stahl-Konstruktionen in Streckenbauwerken, Wasser- und Abwasserwerken, werden meistens mit Anstrichsystemen nach TGL 37 065/01 und /02 geschützt. Zur Kontrolle dieser Standards sowie der TGL 37 456/03, die sich mit der Anstrichausführung befaßt, sind erforderlich: Vergleichsabbildungen für den Säuberungsgrad (TGL 18 730/02), Thermometer, Hygrometer, ein magnetischer Schichtdickenmesser, Skalpelle und Lupe für Gitterschnittuntersuchungen (TGL 14 302/05) usw.

Schadenaufklärung

Um den Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung bei auftretenden Korrosionsschäden besser zu erfassen und daraus die richtigen Rückschlüsse auf die Investitions- und Instandhaltungsmaßnahmen ziehen zu können, hat es sich im VEB WAB Dresden bewährt, mit Hilfe des Meßfahrzeuges in einem begrenzten Umfang auch Arbeiten im Bereich der Schadenaufklärung und der Grundmittelzustandsuntersuchung durchzuführen. Für erdverlegte geschweißte Stahlrohrleitungen ist dazu die für den katodischen Korrosionsschutz vorhandene Ausrüstung einsetzbar. Zusätzlich erforderlich ist eine Ausrüstung zur Wanddickenmessung mittels Ultraschall (mit SE-Prüfköpfen), Tiefenlehre, Hämmer, Meißel, Drahtbürsten, starke Handlampen, Vergleichsbilder für den Durchrostungsgrad (TGL 18 785) usw., sowie eine umfangreiche Arbeitsschutzausrüstung.

Betonuntersuchungen

Zustandsuntersuchungen und Schadenaufklärung betreffen oft neben den Konstruktionswerkstoffen Stahl, Grauguß und Plaste auch Asbestzement, Beton und Stahlbeton. Mit Hilfe von *p*H-Wertindikatoren sind hier einfach und schnell erste orientierende Aussagen möglich. Die Sollalkalität von Beton (Porenflüssigkeit im Zementstein) liegt bei $pH = 12{,}0 \dots 12{,}5$. Bei einem *p*H-Wert unter 11,3 liegt Zementsteinkorrosion vor, die z. B. durch Auslaugung (durch sehr weiches Wasser), Säureeinwirkung oder Karbonatisierung auftritt. Zur Messung der Tiefe der *p*H-Wertabsenkung im Beton, die mit der Verringerung des tragenden Querschnitts und damit der Bauteilfestigkeit identisch ist, genügt es, eine frische Betonbruchfläche mit destilliertem Wasser zu befeuchten und mit 3 Indikatoren nebeneinander zu benetzen.
Ergibt dabei eine gelbliche 0,1%ige Tropäolin O-Lösung einen Braunumschlag, dann hat der Beton seine Sollalkalität ($pH > 12$).
Zeigt eine Unitestlösung „BC" eine kräftige Blaufärbung, dann ist der $pH > 11$. Farbabstufungen von hellblau bis grün lassen über eine Farbvergleichstabelle die örtliche *p*H-Wertabsenkung erkennen. Eine eindeutige Unterschreitung des Grenz-*p*H-Wertes von 11,3 liegt vor, wenn eine farblose 0,1%ige Phenolphthaleinlösung keinen kräftigen Rotviolett-Farbumschlag ($pH < 10$) mehr bringt. Die Tiefe der Betonschädigung kann an Hand der Farbumschläge direkt gemessen werden. Bei Asbestzement wird die Untersuchung ebenso durchgeführt.

Fotoausrüstung

Zur bildlichen Dokumentation von Ausführungsfehlern im Bereich der Rohrleitungsmontage, von Schäden bei Zustandsuntersuchungen und der Schadensaufklärung, ist das Meßfahrzeug unbedingt mit einer Fotoausrüstung zu versehen. Diese sollte minimal aus einer Spiegelreflexkamera mit Normal- und Weitwinkelobjektiv, Stativ und Blitzlicht bestehen. Die gewonnenen Bilder sind für die Schadensauswertung, für Vertragsgerichtsverhandlungen als Beweismittel und für allgemeine Auswertungen und Qualifizierungsmaßnahmen unverzichtbar.

Literatur

/1/ Kampe, H.-J.: Grundsätze zur Intensivierung der Grundfondsökonomie bei Wasserleitungen unter Beachtung des Korrosionsschutzes. Wasserwirtschaft–Wassertechnik **33** (1983) 9, S. 291–292

/2/ Brussig, P.: Einige Aspekte zu Fehlermöglichkeiten bei der IR-freien Potentialmessung und zur Beurteilung des katodischen Korrosionsschutzes von erdverlegten Rohrleitungen. Wasserwirtschaft–Wassertechnik **38** (1988) 2, S. 44–46

Plastauskleidungen als Bautenschutzmaßnahmen für Becken und Behälter der Landwirtschaft

Dipl.-Ing. Karl-Heinrich LÄTZSCH, KDT
Beitrag aus dem Spezialbaukombinat Magdeburg, Kombinatsbetrieb Säureschutz

Plastauskleidungen als Foliendichtungen werden erfolgreich im Landwirtschaftsbau eingesetzt. Sie dichten Becken und Behälter gegen den Untergrund ab und dienen als Bautenschutzmaßnahmen gegen aufsteigende Feuchtigkeit, Sicker- und Druckwasser.
Der Produktionsbereich Kohren-Salis des KB Säureschutz Leipzig des VEB SBK Magdeburg befaßt sich schon seit etwa 25 Jahren mit Foliendichtungen. Schwerpunkt ist der Landwirtschaftsbau, also Becken und Behälter für die Lagerung von Gülle, Jauche, Silagesickersaft, Brauchwasser, Beregnungswasser, flüssige Dünge- und Unkrautbekämpfungsmittel. Als Dichtungsmaterialien kommen PVC-w-Dichtungsbahnen in der Stärke 1,5 mm und Planenschichtstoff SP 360 in der Stärke 1 mm zum Einsatz. Die Dichtungsmaterialien besitzen die erforderlichen mechanischen Festigkeiten und sind unter allen Witterungsbedingungen uneingeschränkt nutzbar.

Vorfertigung und Montage

Die Auskleidungen werden in zwei Produktionsstufen gefertigt. Entsprechend der Geometrie der Objekte erfolgt die Vorfertigung einzelner Segmente bis etwa 300 m^3 Fläche die im zusammengelegten Zustand zum Einbauort transportiert werden. In den Monaten Mai bis September werden die vorgefertigten Segmente im Objekt montiert. Die ausgelegten Segmente werden mit Montageschweißnähten zu einer homogenen Dichtung verbunden. Die Dichtheit des Materials wird bei der Vorfertigung der Dichtungsmaterialien und ein zweites Mal nach Fertigstellung der Gesamtauskleidung des Objekts kontrolliert, und zwar durch visuelle und mechanische Prüfung der Materialfläche und der Schweißnahtqualität. Je nach Nutzung des Bauwerkes und Gefährlichkeit des Lager- bzw. Speichermediums sollte eine Dichtheitskontrolle mit Wasserfüllung erfolgen. Um während der Nutzung der Speicherbauwerke Kontrollmöglichkeiten zu haben, werden häufig unter der Bauwerkssohle Drainageleitungssysteme verlegt, die in Kontrollschächten münden. Bei aggressiven Medien- und Wasserschadstoffen werden doppellagige Dichtungssysteme mit Leckwarneinrichtungen als Sicherheitsmaßnahmen eingesetzt. Bei fachgerechter Verarbeitung und Verlegung der Dichtungsbahnen ist die Gefahr von Undichtigkeiten gering. Maßgebend für die volle Funktionstüchtigkeit der Auskleidung sind die Wartung und Pflege durch den Betreiber. Bei sachgemäßer Benutzung ist die mechanische und chemische Beständigkeit der Dichtungsmaterialien auch unter Freibewitterung über 12 bis 15 Jahre gegeben.

Untergrund

Wesentlich für den Einsatz von Dichtungsbahnen und deren Funktionsfähigkeit ist neben der Behandlung der Bahnen der Untergrund für deren Aufnahme. Um die Dichtheit der Auskleidung zu gewährleisten, ist ein glatter, steinfreier, verdichteter Erdstoffuntergrund (Korngröße max. 4 mm) oder eine ausgetriebene Betonfläche erforderlich. Alle Kehlen und Kanten des Betonuntergrundes sind im Radius $r = 30$ mm abzurunden, um Beschädigungen der Dichtung durch scharfkantige Grate auszuschließen.

Beckengeometrie

Die Geometrie der Becken- und Behälterkonstruktionen kann sehr variabel gestaltet sein. Sowohl Böschungen mit beliebigem Neigungswinkel als auch lotrechte Wände können belegt werden. Es gibt Konstruktionen speziell bei Gülle- und Absetzbecken, die zum Betreiben der Anlagen ein Befahren der Becken erfordern. In diesen Fällen erhalten die Baukörper eine Beckeneinfahrt, die eben-

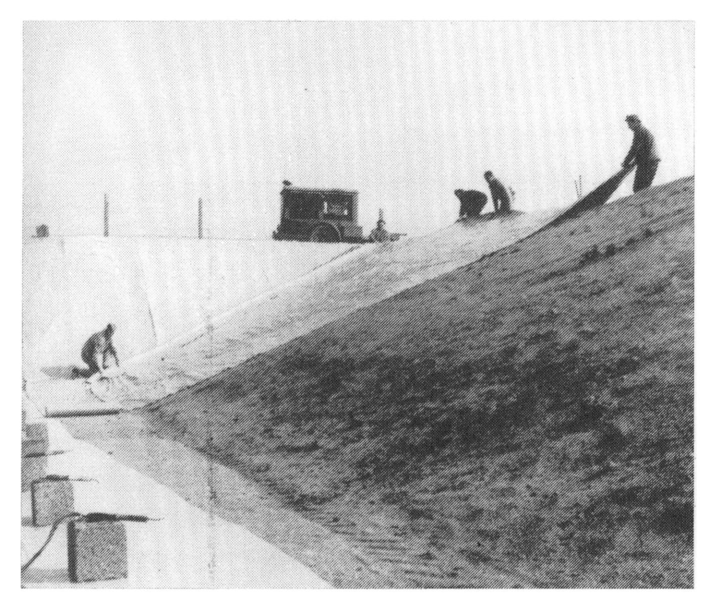


Bild 1 Verlegung der vorgefertigten Dichtungssegmente



Bild 2 Randbefestigung der Dichtung in der Dammkrone eines 11 000-m³-Wasserspeichers

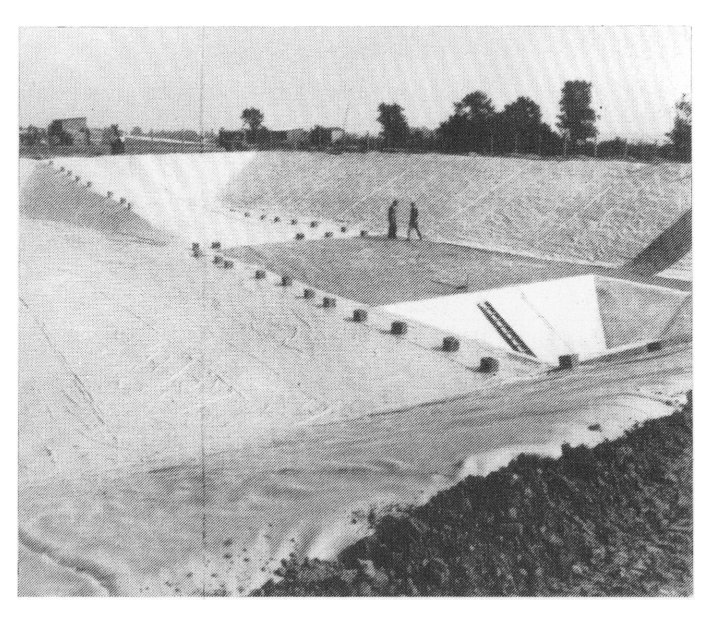


Bild 3 Becken mit Einfahrt und Entnahmebauwerk

falls abgedichtet wird. Ortbeton dient als mechanische Schutzschicht für die Dichtung, es können aber auch Plattenbeläge im Sand- oder Mörtelbett verlegt werden.

Teilauskleidung

Das Bauwerk muß nicht voll ausgekleidet werden, auch teilweise Auskleidung ist möglich. Je nach Art des Untergrundes und speziell bei Beckenkonstruktionen aus selbstdichtendem Erdreich werden nur die Böschungen mit Dichtungsbahnen belegt. Sie erfüllen weniger den Zweck einer Dichtung im eigentlichen Sinn, da auf Grund der Detailanschlußpunkte wie z. B. Dichtungsabschluß Böschung-Boden, zumal in Erdbauwerken, die Dichtheit des Gesamtbauwerks nicht gewährleistet ist. Vielmehr dient das Belegen der Baukörperflächen hier meist dem Schutz vor Erosion der Böschung infolge Wellenschlag des Lagermediums oder starker Niederschläge. Mit einer nur teilweisen Belegung der Baukörperflächen lassen sich bestehende Becken- und Behälterbauwerke bei erkannten partiellen Undichtigkeiten nachträglich sanieren. Wobei mit einem nachträglichen Dichtungseinbau immer gewisse bauliche Veränderungen verbunden sind, um das fachgerechte Verlegen und die fachgerechte Ausbildung der Detailpunkte gewährleisten zu können.

Detailpunkte

Zu den Detailpunkten gehören Randbefestigung der Dichtung, die Eindichtung von Rohreinbindungen (dies betrifft hauptsächlich die Medienzu- und ablaufrohre), Eindichtung von Einbauteilen wie Befestigungsmöglichkeiten für Rohrleitungen, die Ausbildung von Dehnungsbögen in die Dichtung, die Ausbildung von Entnahme- und Befüllbauwerken, um einige zu nennen. Die Befestigung der Dichtungsbahnen im Randbereich der Baukonstruktion erfolgt in der Regel in einem unmittelbar neben der Dammkrone ausgehobenen Erdgraben. In diesen wird die Dichtung eingelegt, danach wird der Graben wieder verfüllt. Es gibt auch die Varianten hier mit Ortbeton zu arbeiten oder die Dichtung im Randbereich mit Betonfertigteilen zu beschweren. Die Eindichtung von Rohrleitungen im Dichtungsbereich erfolgt bei Stahlrohren mit Einpressen der Dichtung in einen Fest- und Losflansch. PVC-Rohrleitungen werden mittels Schweißverbindung direkt an die Dichtung angeschlossen. Andere Einbauteile können auch mit Preßflanschkonstruktionen in Form von Platten oder Schienen eingedichtet werden. Darüber hinaus kann der Anschluß auch an bauseitig vorhandene PVC-Anschweißprofile erfolgen.

Projekte

Bei den Projekten handelt es sich größtenteils um Wiederverwendungsprojekte des VEB Landbauprojekt Potsdam, wobei aber auch davon abweichende Projekte realisiert werden. Für die Montage der vorkonfektionierten Dichtungsbahnen sind neben der fachgerechten Objektvorbereitung, die vor Montagebeginn in Form einer Untergrundabnahme kontrolliert wird, die Witterungsverhältnisse maßgebend. Die Verlegung der Dichtungsbahnen kann bei trockenem Wetter und Temperaturen ab 10 °C erfolgen, also im allgemeinen von Mai bis Oktober.

wwt

Neuerungen

Automatisierter Schöpfwerksbetrieb mit dem elektronischen Steuergerät CPW-1z (ARW-VRP)

Doz. Dr. Donath DEJAS; Dr.-Ing. Andrej REINHARD;
Prof. Dr. sc. Manfred OLBERTZ;
Dipl.-Ing. Harry DANCKERT
Beitrag aus der Landwirtschaftlichen Akademie Wrocław
und der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock

Am Institut für Meliorationswesen der Landwirtschaftlichen Akademie Wrocław wurde ein automatisches Steuergerät entwickelt, das zur Ansteuerung von Pumpstationen für Be- und Entwässerungszwecke sowie für andere wasserwirtschaftliche Aufgaben geeignet ist. Das Gerät wurde über mehrere Jahre auf seine Funktionssicherheit hin getestet, so im Zusammenwirken mit einem Schwimmschöpfwerk an der Sektion Meliorationswesen und Pflanzenproduktion der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock in den Jahren 1984 bis 1987.
Das Wirkungsprinzip des Gerätes beruht im wesentlichen auf einem integrierten CMOS-Schaltkreis mit einem logischen Grundgatter (4fach-NAND). Diese Schaltkreise zeichnen sich durch geringe Stromaufnahme und hohe Störsicherheit aus. Die Schaltung enthält ein Zeitvergrößerungsglied, das die Einschaltung der Pumpe in einem einstellbaren Zeitbereich von 1 s bis 30 s verzögert. Mit Hilfe dieses Vergrößerungsgliedes ist ein gestaffelter Anlauf aller eingesetzten Pumpen möglich. Eine Überlastung der Trafostation und eine dadurch mögliche Spannungsabschaltung durch Sicherungselemente wird verhindert. Gleichzeitig unterbindet sie eine vorzeitige Einschaltung der Pumpen durch Wellengang im Mahlbusen.
Die Steuereinrichtung veranschaulicht Bild 1. Wie dargestellt, kann der Tauchzustand der Elektroden von einem Leuchtdiodenfeld angezeigt werden. Auf Grund der geringen Leistungsaufnahme kann die Steuerschaltung in einem geschlossenen Gehäuse untergebracht werden, das Schutz vor Kondenswasser gewährt. Zusätzlich ist die Platine durch eine Lackierung geschützt. Die Abmessungen des Gehäuses betragen 80 mm × 100 mm × 45 mm. Auf Grund der beschriebenen Konfiguration des Schaltsystems ist das Steuergerät CPW-1z für die Meldung von Grenzwasserständen und zur automatischen Regelung des hiervon abhängigen Pumpenbetriebes für verschiedene Aufgaben einsetzbar.

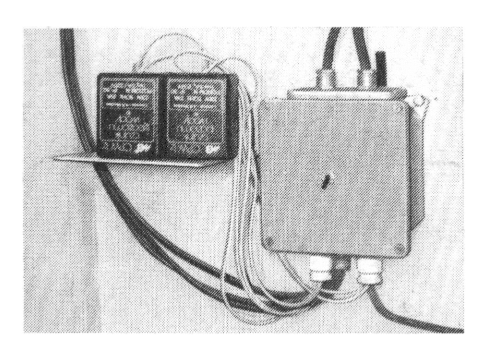


Bild 1 Steuergeräte Typ CPW-1z für den automatisierten Betrieb einer Zwillings-Schöpfwerksanlage (im Bild rechts der Anschlußkasten)
Foto: *Ch. Scharf*

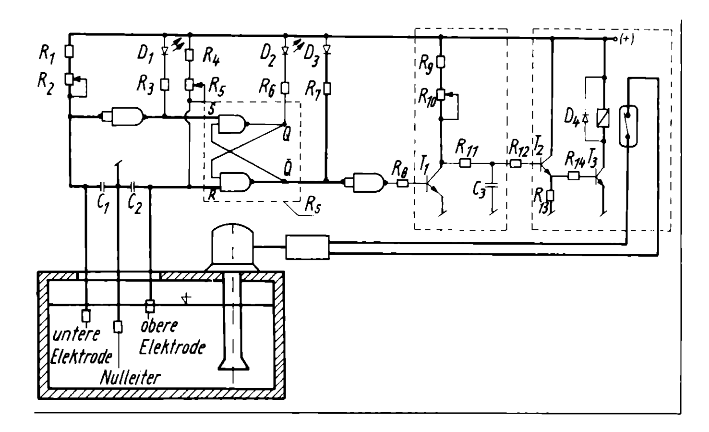


Bild 2 Schematischer Aufbau des Steuergerätes

Die Einsatzprüfung in der VR Polen erfolgte von 1981 bis 1984 in mehreren Schöpfwerken. Für die Einsatzprüfung in der DDR wurde von der Wilhelm-Pieck-Universität im Rahmen einer Forschungsvereinbarung ein Zwillings-Schwimmschöpfwerk des Typs RS II/UPL250 (Olbertz, 1983) ausgewählt. Das mit zwei Pumpen UPL250, Leistungsaufnahme 2× 7,4 kW ausgerüstete Schöpfwerk wurde 1968 installiert. 1970 wurde es mit einer Schwimmerschaltung versehen, die eine der beiden Pumpen automatisch ansteuert. Die zweite Pumpe wird im Bedarfsfall von Hand zugeschaltet. Diese unbefriedigende Lösung sollte mit dem Einbau des Steuergerätes CPW-1z mit dem Ziel verändert werden, beide Pumpen automatisch den Erfordernissen entsprechend in Betrieb nehmen zu können.

Die Installation des elektronischen Steuergerätes CPW-1z erfolgte so, daß im Havariefall eine Umschaltung auf Schwimmerschaltung möglich blieb. Die gesamte Elektro-Installation der beiden Schwimmpumpen des Schöpfwerkes „Am Verbindungsweg" in Rostock-Brinkmannsdorf befindet sich in einer Stahlblechhütte der Abmessung 2,2 m × 2,2 m × 3,6 m. Zwischen dem aufgelegten Wellblechdach und den Seitenwänden ist ein Luftaustausch möglich. Das Raumklima wurde während der gesamten Untersuchungszeit mittels eines Thermohydrographen kontrolliert. Die Luftfeuchtigkeit betrug mehrfach wöchentlich in den Nacht- und Abendstunden 100 %, die Lufttemperatur erreichte bei Sonnenschein ein sommerliches Maximum von 40 °C, im Winter sank sie bis auf −12 °C.
Während der gesamten Erprobungszeit vom Oktober 1984 bis zum November 1987 traten keine Störungen im elektronisch gesteuerten Schöpfwerksbetrieb auf. Kriechströme zwischen den in einem eisernen Standrohr gemeinsam untergebrachten 3 Elektroden konnten nicht festgestellt werden. Es wird dennoch empfohlen, die Steuerelektroden in ein Plastrohr einzuhängen. Korrosionsspuren an den Elektroden waren nicht auszumachen, ebenso konnten bei den Kontrolluntersuchungen keine Korrosionsspuren an der Platine und den anderen Bauelementen des Steuergeräts gefunden werden. Die bisher in der VRP und in der DDR vorliegenden Untersuchungsergebnisse lassen das Steuergerät CPW-1z für die Automatisierung des wasserstandsabhängigen Schöpfwerkbetriebes als tauglich, funktionssicher und ökonomisch vorteilhaft erscheinen. Auf Grund des geringen Neupreises wird vom Hersteller Spółdzielnia Rzemieślnicza Wytwórczosci Rócnej „WARTA", VRP 60-608 Poznan darauf orientiert, im Falle eines Defektes von einer Reparatur abzusehen und das Steuergerät auszutauschen; eine Arbeit, die vom Schöpfwerkswärter selbst ausgeführt werden kann.